

# 视频监控中特定区域入侵检测算法设计与实现

王欣宇

(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003)

**摘要:**在视频监控中,需要对特定区域进行实时监控。为了克服传统的视频监控系统存在的数据量大、响应时间长和人类自身固有的弱点等缺陷导致的监控效率低下等问题,文中实现了一种智能区域入侵的检测算法。该算法是基于一种三层高斯背景建模的方法,在提取前景图像后,对前景图像进行阴影检测、全局灰度检测、目标完整性检测,同时在提取更加精确的前景目标后,分析运动目标轮廓,对目标的轮廓信息进行统计,计算出特定区域中入侵的人数。最后通过一段实际的监控视频验证了文中提出算法的有效性。

**关键词:**自适应高斯混合模型;背景建模;运动检测;阴影检测

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)10-0159-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.10.038

## Design and Implementation of Intrusion Detection Algorithm of a Specific Area in Video Surveillance

WANG Xin-yu

(College of Computer, NJUPT, Nanjing 210003, China)

**Abstract:** In video surveillance, a specific area needs real-time monitoring. In order to overcome the problems of low monitoring efficiency caused by the defects including large amount of data, long response time, and intrinsic weaks of humans in the traditional video surveillance system, propose an intelligent regional intrusion detection algorithm. The algorithm is based on a three-Gaussian background modeling method, after extracting the foreground images, carry on the shadow detection, global grayscale detection and object integrity detection to them. Then statistically analyze the more precise foreground extraction, contour information can be used to calculate the number of invasion in the specific area. Finally, the effectiveness of the proposed algorithm is verified through a piece of actual surveillance video.

**Key words:** adaptive Gaussian mixture model; background modeling; motion detection; shadow detection

## 0 引言

智能视频监控是计算机视觉领域中近几年倍受关注的一个应用领域,它是利用计算机视觉和图像处理等技术对视频信号进行处理、分析和理解,并对视频监控系统进行控制。基于像素的背景建模方法主要是根据每个像素在时间域上的分布信息构造其背景模型,如Friedman等<sup>[1]</sup>在交通场景监控中提出了混合高斯背景建模方法,此后的研究者又对混合高斯背景建模方法做了改进<sup>[2-6]</sup>,此外,Elgammal等<sup>[7]</sup>利用核密度估计提出了一种非参数背景建模算法。文献[8]提出了一种基于HSV模型的高斯混合背景建模方法。文

献[9-12]提供了一系列运动物体检测方法。文献[13-14]提出了一种基于编码本的背景建模方法。文中提出了一种特定区域入侵检测的算法,算法中包含了三大模块,分别是背景建模模块、阴影去除模块、轮廓识别模块。通过这三个模块的运算可以准确识别出特定区域中物体入侵并进行预警。该算法具有对视频帧处理速度快,预警及时,系统工作效率高等特点。

## 1 背景建模原理和相关知识

背景建模阐述的是如何从图像中将目标或部分目标分割出来,背景建模的基本思想是:建立背景模型,

收稿日期:2013-12-13

修回日期:2014-03-18

网络出版时间:2014-07-28

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(61272084,61202004);江苏省高校自然科学研究重大项目(11KJA520002);江苏省科技支撑计划(社会发展)项目(BE2011826);高等学校博士学科点专项科研基金资助课题(20113223110003,20093223120001)

**作者简介:**王欣宇(1989-),男,硕士研究生,研究方向为计算机图像处理、云计算;导师:杨庚,博士,教授,CCF会员,研究方向为计算机图像处理、网络安全、分布与并行计算、移动计算。

**网络出版地址:**http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140728.1230.054.html

将背景模型和当前的图像进行差分运算,减去一致的背景信息,则剩下的目标就是所求的前景目标。一般分为静态和动态两种背景建模。

### 1.1 静态背景建模

静态背景建模是在假设背景是静态情况下提取前景目标的一种模型,文中设计了一种基于轮廓的背景减除的背景建模方法,即在连续的图像序列中将两帧或者相关联的几帧之间基于像素的时间差分并阈值化后提取运动目标。

初始化模型时,提取视频序列中的第一帧作为背景帧  $F_{\text{RGB}}(0)$ ,将背景帧转换为灰度图。对灰度图像进行形态学滤波去除背景噪声,得到背景帧图像。

模式匹配用于计算两个轮廓匹配的程度,文中采用 Hu 矩模型量化轮廓的匹配程度,定义一个轮廓矩如下:

$$m_{pq} = \sum_{i=1}^n I(x, y) x^p y^q \quad (1)$$

式中,  $p$  对应  $x$  维度上的矩;  $q$  对应  $y$  维度上的矩,该计算是对轮廓边界上的所有像素(数目为  $n$ )进行求和。每个图像对应了 7 个 Hu 矩, Hu 矩从中心距计算得到,中心距计算公式如下:

$$\mu_{pq} = \sum_{i=1}^n I(x, y) \left( x - \frac{m_{10}}{m_{01}} \right)^p \left( y - \frac{m_{01}}{m_{01}} \right)^q \quad (2)$$

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{m_{00}^{\frac{p+q}{2}}} \quad (3)$$

Hu 矩计算公式如下:

$$\begin{aligned} h_1 &= \eta_{20} + \eta_{20} \\ h_2 &= (\eta_{20} + \eta_{20})^2 + \eta_{11}^2 \\ h_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ h_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ h_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} - \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{03} + 3\eta_{21})^2 - (\eta_{21} - \eta_{03})^2] \\ h_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ h_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{22})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{aligned} \quad (4)$$

通过计算得到图像的 7 个 Hu 矩值,阈值分割 Hu 矩值判定两个轮廓是否相似。定义差分系数  $\beta$ , 其计算公式如下:

$$\beta = I(A, B) = \sum_{i=1}^7 \left| \frac{1}{m_i^A} - \frac{1}{m_i^B} \right| \quad (5)$$

其中,  $m_i^A$  和  $m_i^B$  分别由以下公式计算得到:

$$\begin{aligned} m_i^A &= \text{sign}(h_i^A) \cdot \log |h_i^A| \\ m_i^B &= \text{sign}(h_i^B) \cdot \log |h_i^B| \end{aligned} \quad (6)$$

其中,  $h_i^A$  和  $h_i^B$  分别是图像  $A, B$  的 Hu 矩。

通过实时计算每一帧图像与背景图像的差分系数,根据差分系数判断两轮廓图是否相似,若超过一定阈值则认为有物体入侵特定区域。

### 1.2 动态背景建模

设图像中的像素点  $(x_0, y_0)$  在  $t$  时刻的观察值  $X_t$  属于背景的概率为:

$$P(X_t) = \sum_{i=1}^K \omega_{i,t} * \eta(X_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t}) \quad (7)$$

其中,  $K$  为模型中的高斯分布个数;  $(\sum_{i=1}^K \omega_{i,t} = 1)$  为  $t$  时刻第  $i$  个高斯分布的权值;  $\mu_{i,t}$  为  $t$  时刻第  $i$  个高斯分布的均值;  $\Sigma_{i,t}$  为  $t$  时刻第  $i$  个高斯分布的协方差矩阵。

文中方法在提取前景时取  $K=5$ , 初始化时,  $T$  为背景选取阈值 ( $0 < T < 1$ ), 其值为 0.7, 设置最小匹配面积  $\text{area}=5.5$ , 初始的方差设置为 900, 学习率  $\alpha = 0.05$ 。

将每一个新观察值  $X_t$  与该点已存在的  $K$  个高斯分布依次比对,直到与其中的某个分布匹配。若满足式(1),则称  $X_t$  与第  $i$  个分布匹配。

$$|X_t - \mu_{i,t-1}| < 2.5\sigma_i \quad (8)$$

$t$  时刻的  $K$  个高斯分布的优先权值  $\omega_{i,t}$ , 按式(2)进行更新:

$$\omega_{i,t} = (1 - \alpha)\omega_{i,t-1} + \alpha M_{i,t} \quad (9)$$

当观察值与第  $i$  个分布匹配时  $M_{i,t}$  取值为 1, 当观察值没有与第  $i$  个分布匹配时  $M_{i,t}$  取值为 0。更新完毕后,需要将  $K$  个权值归一化。当一个新观察值  $X_t$  与某分布匹配,且该分布属于背景模型,即被视为背景点,反之则为前景点。未匹配到的分布参数  $\mu$  和  $\sigma$  维持不变;匹配到的分布参数按下式更新:

$$\mu_t = (1 - \rho)\mu_{t-1} + \rho X_t \quad (10)$$

$$\sigma_t^2 = (1 - \rho)\sigma_{t-1}^2 + \rho (X_t - \mu_t)^T (X_t - \mu_t) \quad (11)$$

其中,  $\rho$  为分布的参数更新速率,由式(12)得到:

$$\rho = \alpha \eta(X_t; \mu_i, \sigma_i^2) \quad (12)$$

若当前观察值与所有  $K$  个分布皆不匹配时,将优先级最低的高斯分布用一个新分布替换。新分布的均值即为当前观察值,并初始化一个较大的方差和一个较小的优先权值。将  $K$  个分布按照  $\omega/\sigma^2$  的值从大到小排列。选取前  $\beta$  个分布构成新背景模型,  $\beta$  的取值如下:

$$\beta = \arg \min_b \left( \sum_{i=1}^b \omega_i > T \right) \quad (13)$$

根据以上设置经过更新可以实时地得到前景图像和背景图像。

## 2 基于三层高斯模型特定区域入侵算法描述

三层自适应混合高斯模型是在混合高斯模型的基础上,针对混合高斯模型中的缺点进行改进而建立的。模型描述如图 1 所示,共分为三层。第一层是基于像素点的建模,第二层是基于像素块的建模,其中主要包含了阴影消除算法和八邻域相关性去噪算法。第三层是基于帧结构的建模,其中包含了自适应学习率以及全局灰度均值统计模型。

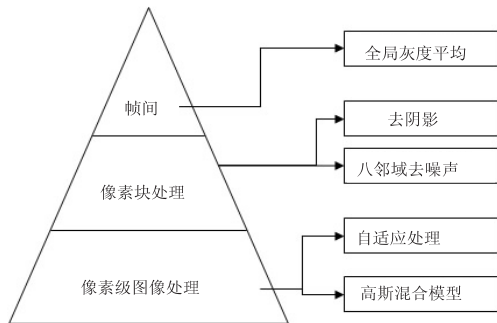


图 1 模型描述

### 2.1 阴影消除

运动目标的检测与跟踪中,运动目标的分割是关键的一环,运动目标总是伴随其阴影一起出现,使得运动目标的物理形状发生变化。因此阴影消除是识别运动目标的关键点。为此,文中分析了阴影 HSV 彩色空间的特性,利用阴影与运动目标在  $H, S, V$  三个分量中的不同特点,计算其在特定情况下相应的阈值,运用该阈值分割并消除阴影。 $I_{\max}$  和  $I_{\min}$  是颜色空间转换的重要参数, $I_{\max}$  是  $I(R, G, B)$  三通道值中的最大值, $I_{\min}$  是  $I(R, G, B)$  三通道值中的最小值,将 RGB 色彩空间转换成 HSV 色彩空间的转换公式如下。

进行差值计算,即分别计算以下各式的值:

$$\begin{aligned} D_H &= F_H - B_H \\ D_V &= F_V - B_V \\ D_S &= F_S - B_S \end{aligned} \quad (14)$$

得到前景与背景图像在新的颜色空间模型下各个分量的差值,差值计算完成后进行阈值的分割。根据差进行二值化操作:

$$\begin{aligned} f_H(x, y) &= \begin{cases} 255 & D_H(x, y) \leq \alpha \\ 0 & D_H(x, y) > \alpha \end{cases} \\ f_S(x, y) &= \begin{cases} 255 & D_S(x, y) \leq \delta \\ 0 & D_S(x, y) > \delta \end{cases} \\ f_V(x, y) &= \begin{cases} 255 & D_V(x, y) \leq \varphi \\ 0 & D_V(x, y) > \varphi \end{cases} \end{aligned} \quad (15)$$

按照以上阈值分割后即可分离阴影和实际前景区域。

### 2.2 全局灰度平均值

全局灰度均值统计信息是用于处理光线突变或者光线过长时间积累而导致变化过大而引起的假前景目标问题。光线的变化会导致背景像素点的匹配程度降低,从而被认为是前景目标,这样的情况就是出现了假前景目标。

设全局灰度均值为  $\text{Avg}_{\text{gray}}$ , 则计算全局灰度均值如下式:

$$\text{Avg}_{\text{gray}} = \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} I_{ij}(\text{gray}) \quad (16)$$

其中,  $W, H$  为图像的宽和高。

图 2 展示的是一段测试视频的灰度平均值,可以明显看到,在图像亮度有大的变化时,灰度的均值能够有效地反映出其亮度的变化特征。

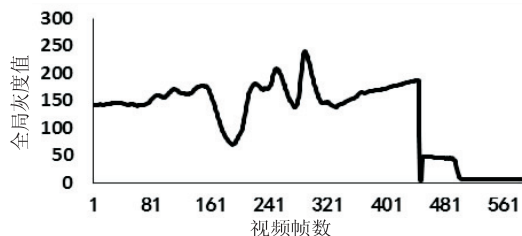


图 2 全局灰度均值统计

根据灰度均值可以调节高斯模型的学习率  $\alpha$ , 从而使得模型能够自适应场景的亮度变化。为了体现灰度的变化引入灰度均值变化率  $\theta$ :

$$\theta = \left| \frac{\text{Avg}_{\text{gray}}(n+1) - \text{Avg}_{\text{gray}}(n)}{\text{Avg}_{\text{gray}}(n)} \right| \quad (17)$$

如果在灰度变化很大时,学习率按照下式改变:

$$\alpha = \begin{cases} \text{以此帧初始化模型} & \theta > 5 \\ 0.5 & 2 < \theta \leq 5 \\ 0.25 & 1 < \theta \leq 2 \\ 0.05 & \theta \leq 1 \end{cases} \quad (18)$$

### 2.3 轮廓信息提取

经过以上几步的处理可以提取出相对精确的前景图像了,对前景图像进行轮廓信息的提取就可以确定特定区域是否有入侵以及入侵人数。文中利用 Canny 算子提取前景轮廓信息。将边缘点连接起来得到了轮廓信息。通过统计轮廓的长度判定区域入侵。

## 3 实验结果与分析

### 3.1 静态背景模型实验结果与分析

以下是算法每个步骤过后的效果图,背景轮廓图如图 3(a) 所示,实时帧轮廓图如图 3(b) 所示,差分图像如图 3(c) 所示。

通过该方法可以有效地提取到前景目标,并通过差分系数判断特定区域是否有人入侵。

图 4 为差分系数统计。

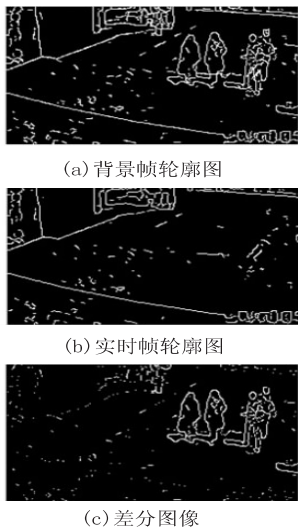


图 3 算法各个步骤效果图

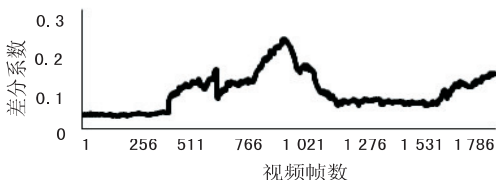


图 4 差分系数统计

从图中可以看出当有物体入侵特定区域时,差分系数会增大,而且在入侵区域的改变值越大,其对应的差分系数也越大。通过这个特征就可以确定差分系数的阈值。此模型的成功率还是很高的,但是有一个严重的缺点就是背景是固定不变的,对于动态背景会造成误报。

### 3.2 三层高斯模型实验结果与分析

深入分析一下轮廓的变化的概括特征,包括长度,或其他一些反映轮廓整体大小的度量。考察前景图像的轮廓长度,在视频集上进行了测试,得到了如图 5 所示的结果图。

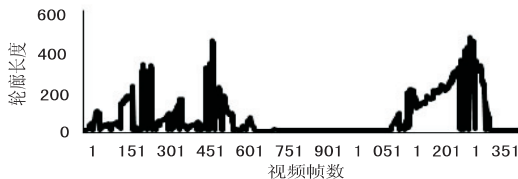


图 5 轮廓长度统计信息

通过图 5 可以看出,当区域遭到入侵时,前景的轮廓长度将急剧上升,通过前景轮廓长度的统计信息,可以通过设定阈值的方法来判定区域内是否有人入侵。

通过视频测试的结果可以看出,文中的背景建模方法取得了很好的效果,这样也使前景目标的分割效果很好,对运动目标的轮廓提取的很准确,并且能够标示出运动前景目标,算法的实时性也得到了保障,在智能视频监控中有很高的实用价值。但是文中的人数统计算法也有一定的缺陷,当人物重叠时,如图 6 第二行

图中右边两人的情况,会造成前景的重叠,前景目标的轮廓信息会出现错误,这样轮廓的数目就不能表示入侵区域的物体个数,但是还是可以很准确地判断出区域遭受入侵。这也是下一步需要解决的核心问题。在目标物体被遮挡的情况下,能够通过其他特征来发现和标示运动物体。



图 6 视频测试图

## 4 结束语

由于智能视频监控是一个涵盖广泛的系统性工程,涉及图像处理、计算机视觉、模式识别、人工智能技术、通信技术和网络技术等诸多技术领域的综合应用,文中设计了三层自适应高斯混合模型对背景进行建模来进行运动目标的提取,达到了很好的抑制噪声和提高目标完整度的目的。提取并分析运动目标轮廓,对目标的轮廓信息进行统计,计算出特定区域中入侵的人数。涉及到目标的匹配识别和跟踪的信息结合问题,怎样协同好多摄像机的监控功能和高层信息的综合分析是非常值得研究的。

### 参考文献:

[1] Friedman N, Russell S. Image segmentation in video sequences; a probabilistic approach[C]//Proceedings of the 13th conference on uncertainty in artificial intelligence. USA: Morgan Kaufmann, 1997: 175-181.

[2] Zhao Pengxiang, Zhao Yanyun, Cai Anni. Hierarchical codebook background model using haar-like features[C]//Proc of IEEE international conference on network infrastructure and digital content. [s. l.]: IEEE, 2012: 438-442.

[3] Reddy V, Sanderson C, Lovell B C. Improved foreground detection via block-based classifier cascade with probabilistic decision integration[J]. IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, 2013, 23(1): 83-93.

[4] Shi Xun, Tsotsos J K. Background subtraction via early recur-



在这里对 BP 神经网络输出的结果做以下的讨论:

(1) 各自的输出程序与各自的输入程序做相减的运算, 这时得到的差值就是各个程序变化的大小。

(2) 被怀疑的程序与原始程序作相减运算, 得到的差值就是被怀疑程序的变化大小。

如果由 (1) 得到程序变化的值大小与 (2) 得到程序变化的值大小相同, 则被怀疑的程序染上了病毒。因此, 文中使用 BP 神经网络对被怀疑程序进行检测, 将得出输出程序值的大小与各自的原始程序进行比较, 就可以判断被怀疑的程序是否染上病毒。

## 4 结束语

尽管病毒是一种有破坏性的恶意代码, 但病毒的出现使得人们发现了程序存在的各种脆弱性, 从而有了为程序打上补丁的概念, 同时也有了查杀恶意程序的技术和经验, 这样使各种程序变得更加安全和可信度更高。

如今由于病毒与黑客技术、蠕虫技术相互融合, 使得进入计算机用户系统中的病毒更难被杀毒软件发现和清除, 具有智能性和产生病毒的变种是当今病毒的一大特点, 因此, 为了提高检测病毒的效率, 反病毒技术采用智能技术将使得杀毒软件更具有智能性和更高的效率。由于反病毒技术采用智能技术是反病毒技术发展的必然方向, 智能技术在杀毒和查毒方面的逐步应用, 笔者认为是一种创新上的应用, 将是十分鼓舞人心的。


(上接第 162 页)

- rence in dynamic scenes[C]//Proc of 21st international conference on pattern recognition. [s. l.]: [s. n.], 2012: 3172-3175.
- [5] Lee D S. Effective Gaussian mixture learning for video background subtraction[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(5): 827-832.
- [6] Zhang Z, Lipton A J, Venetianer P L, et al. Background modeling with feature blocks[P]. USA: US8150103, 2012-04-03.
- [7] Elgammal A, Duraiswami R, Harwood D, et al. Background and foreground modeling using nonparametric kernel density estimation for visual surveillance[J]. Proceedings of IEEE, 2002, 90(7): 1151-1163.
- [8] Guan Yepeng, Du Jinhui, Zhang Changqi. Improved HSV-based Gaussian mixture modeling for moving foreground segmentation[M]//Advances on digital television and wireless multimedia communications. Berlin: Springer, 2012: 52-58.
- [9] Zhang Ruolin, Ding Jian. Object tracking and detecting based on adaptive background subtraction[J]. Procedia Engineering, 2012, 29: 1351-1355.

## 参考文献:

- [1] 朱俚治. 病毒检测技术的研究与 0.5 级环[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(9): 225-227.
- [2] 朱俚治. 一种防病毒智能网络接口的方案设计[J]. 中国科技信息, 2011(1): 73-74.
- [3] Smith J E, Nair R. 虚拟机[M]. 安虹, 张昱, 吴俊敏, 译. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [4] 彭晖, 常乐, 沈亚军. Internet 环境下沙箱问题的一种解决方法[J]. 电脑开发和应用, 2002, 15(8): 5-6.
- [5] 徐丽娜. 神经网络控制[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [6] Sadeghi B H M. A BP-neural network predictor model for plastic injection molding process[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2000, 103(3): 411-416.
- [7] Jin Wen, Zhao Jiali, Luo Siwei, et al. The improvements of BP neural network learning algorithm[C]//Proc of 5th international conference on signal processing. Beijing: IEEE, 2000: 1647-1649.
- [8] 吴宏伟. 基于改进 BP 神经网络的分布式入侵检测模型研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2005.
- [9] Bennett K P, Mangasarian O L. Neural network training via linear programming[M]//Advances in optimization and parallel computing. North Holland: Amsterdam, 1992.
- [10] 韩丽. 神经网络结构优化方法及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [11] 刘功申. 计算机病毒及其防范技术[M]. 第 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2011.
- [12] 李雪萍, 汪晓兰. 基于 BP 神经网络的图书馆网络病毒检测方法[J]. 农业图书情报学刊, 2005, 17(11): 10-12.
- [13] 郭晨, 梁家荣, 梁美莲. 基于 BP 神经网络的病毒检测方法[J]. 计算机工程, 2005, 31(2): 152-153.
- [10] Wang Yang, Loe K F, Wu Jiankang. A dynamic conditional random field model for foreground and shadow segmentation[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2006, 28(2): 279-289.
- [11] Farcas D, Marghes C, Bouwmans T. Background subtraction via incremental maximum margin criterion: a discriminative subspace approach[J]. Machine Vision and Applications, 2012, 23(6): 1083-1101.
- [12] System and method for human detection and counting using background modeling, hog and haar features[P]. European: EP2518661, 2012-10-31.
- [13] Wu Mingjun, Peng Xianrong. Spatiotemporal context for codebook-based dynamic background subtraction[J]. International Journal of Electronics and Communications, 2010, 64(8): 739-747.
- [14] Tu Q, Xu Y, Zhou M. Box-based codebook model for real-time objects detection[C]//Proceedings of the 7th world congress on intelligent control and automation. Chongqing, China: IEEE, 2008.

# 视频监控中特定区域入侵检测算法设计与实现

作者: [王欣宇](#), [WANG Xin-yu](#)  
作者单位: [南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京, 210003](#)  
刊名: [计算机技术与发展](#)   
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)  
年, 卷(期): 2014(10)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201410039.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201410039.aspx)