

文章编号: 2095-2163(2024)02-0114-04

中图分类号: TN948.6

文献标志码: A

## 摔倒行为视频监控及报警系统

赵琴<sup>1</sup>, 赵团结<sup>1</sup>, 郑新桥<sup>1</sup>, 秦琴<sup>1</sup>, 龙念<sup>1</sup>, 邓超<sup>2,3</sup>

(1 武昌工学院 国际教育学院, 武汉 430065; 2 武汉科技大学 汽车与交通工程学院, 武汉 430065;

3 武汉科技大学 智能汽车工程研究院, 武汉 430065)

**摘要:** 针对当前视频监控系统对摔倒行为识别率低的情况, 本文提出了一种摔倒行为实时监控预警的方法, 解决了视频监控系统对摔倒行为误报、漏报等问题。首先, 采用图像识别的方法对人的动作方向特征进行提取; 其次, 基于运动方向的隐马尔科夫模型(HMM)进行动作分割, 在视频中分割出人的常见动作; 最后, 依据这些动作的组合判断下一时刻是否存在摔倒行为, 进而发出警报。该监控预警方法可对进入监控区的人与其他物体域进行自动区分, 为行为监控系统提供一种理论依据。

**关键词:** 摔倒行为; 监控系统; 图像识别; 隐马尔科夫模型

### Video monitoring and alarm system for fall behavior

ZHAO Qin<sup>1</sup>, ZHAO Tuanjie<sup>1</sup>, ZHENG Xinqiao<sup>1</sup>, QIN Qin<sup>1</sup>, LONG Nian<sup>1</sup>, DENG Chao<sup>2,3</sup>

(1 Internation Education College, Wuchang Institute of Technology, Wuhan 430065, China;

2 College of Automobile and Traffic Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430065, China;

3 Intelligent Automobile Engineering Research Institute, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430065, China)

**Abstract:** This paper proposes a method for real-time monitoring and early warning of fall behavior, addressing issues such as false alarms and missed detections in current video surveillance systems. Initially, image recognition techniques are employed to extract features related to the movement direction of individuals. Subsequently, a Hidden Markov Model (HMM) based on motion direction is used for action segmentation, isolating common movements of people in the video. Finally, based on the combination of these movements, the system predicts potential fall behavior in the next moment and triggers an alarm. This monitoring and early warning method can automatically distinguish between people and other objects entering the monitored area, providing a theoretical basis for behavioral monitoring systems.

**Key words:** fall behavior; monitoring system; image recognition; Hidden Markov Model

## 0 引言

目前国内外很多科研工作者致力于运动分析, 也取得了一定的进展。国外许多高校和研究所, 如麻省理工学院、牛津大学等都专门设立了针对运动目标检测的研究组或者研究实验室。美国国防高级研究项目署和几家著名研究机构合作, 联合研制用于未来城市和战场环境下的人类行为的视频监控系统 VSAM (Video Surveillance and Monitoring)<sup>[1]</sup>; 中国对于智能化监控技术的发展也给予了高度重视, 国家高技术研究发展计划(863计划)开展了多项重大课题的研究, 公安部也为此在全国开展城市报警

与监控系统建设“3111”试点工程<sup>[2]</sup>; 中国科学院自动化研究所的研究取得了重大进展, 研究成果包括智能监控系统平台、目标异常行为的识别与报警、人和车辆的多目标检测跟踪与分类、人体异常动作识别报警等<sup>[3]</sup>。

虽然对于人体行为识别的研究取得了一定的成果, 但是现阶段依然面临着很多的问题和难点, 例如不加约束的运动目标检测、多种特征的融合、行为的分层识别等等。现在已经可以识别一些基本的动作, 如走、跑、跳、挥手等, 但是如何识别一系列的动作所组成的行为仍然是一个值得研究的问题。为此, 本文采用基于运动方向的隐马尔科夫(HMM)动

**基金项目:** 武昌工学院科学研究项目(2022KY24); 交通行业重点实验室开放课题(JTZL2205); 四川省无人系统智能感知控制技术工程实验室开放课题(WRXT2022-001); 教育部产学研合作协同育人项目(230803612214746); 云基物联网高速公路建养设备智能化实验室开放课题(KF\_2022\_301002)。

**作者简介:** 赵琴(1986-), 女, 学士, 助理实验员, 主要研究方向: 智能化设备。

**通讯作者:** 邓超(1986-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向: 自动驾驶。Email: woec@wust.edu.cn

**收稿日期:** 2023-02-21

作分割的方法,设计了一个拍摄及报警装置,通过融合已有的一些特征对人体不同动作进行合理表达。融合后的特征将能够对人体的不同动作敏感,且维数在合理范围内。

### 1 算法设计

视频监控系统应该具有以下功能:能够连续实时地对室内的场景进行监视,自动分析摄像机所采集的图像信息。当有人进入监控区域时,监控系统能自动区分人与其他物体,并能够在视频中分割出人的一些常见的动作,依据这些动作的组合判断人的行为,进而判断行为是正常还是异常,如果异常就发出警报。视频监控系统的核心为异常状态的识别。

研究发现,人的运动行为中行走、摔倒、蹲下、站起、躺着不动等几个有代表性的行为动作,对于将要检测的几个基本动作,在运动方向上大都有较大的差异。由于蹲下和摔倒两个动作的运动方向都是向下的,同一个方向的动作只能导致一种运动结果,因此,这两个动作不可能是连续发生的。为了找出待检测动作的大致运动方向,对动作所导致的结果进行分类。因此,可先对全局保存一定时间的运动方向,再设置一个阈值,找出运动方向与待检测动作的对应关系,若在短期内运动方向的变化超过这个阈值,就是一个新的动作。阈值的设置是一个难题,太大会无法分割动作或分割的不准确,太小则会出现将一个动作分割成多个动作的情况。而使用运动方向的变化率来分割,在某些情况下会发生错误,如在摔倒的过程中,运动方向的变化率就比较大。待检测动作的大致运动方向见表 1。

表 1 待检测动作的大致运动方向

Table 1 Approximate direction of motion

待检测动作	大致运动方向
行走	水平
摔倒	向下
蹲下	向下
站起	向上
躺着不动	无

研究发现动作是存在潜在联系的,可以做出一个变量在不同的特征之间转移的状态转移图,并由这个图统计出当前状态发生时下一个状态发生的概率。大多数情况下,有些潜在危险状态是不能被观测到的,例如:当只能观测到行为的表现,却想要推测当前的行为是否异常时,此时潜在危险(异常)状态是由当前的行为状态推测出来的。为了能够从行

为的动作序列得到行为的危险状态序列,采用基于运动方向的隐马尔科夫模型(HMM)进行动作分割。HMM 模型可以用 5 个元素来描述,包括 2 个状态集合和 3 个概率矩阵,  $A = [a_{ij}]$  为隐含状态转移概率矩阵,描述了 HMM 模型中各个状态之间的转移概率;  $B = [b_j]$  为观测状态转移概率矩阵,初始状态概率矩阵  $\pi_i = \gamma_i(i)$  表示隐含状态在初始时刻  $t = 1$  的概率矩阵;  $S$  为隐含状态,通常无法通过直接观测而得到;  $O$  为可观测状态,在模型中与隐含状态相关联,可通过直接观测而得到。首先进行初始化:当  $t = 1$  时处于隐含状态  $S_i$  的期望值, HMM 三元组  $\lambda = (A_0, B_0, \pi)$ ; 其次,进行迭代计算,令  $\xi_t(i, j)$  表示  $t$  时刻状态为  $S_i$  以及  $t + 1$  时刻状态为  $S_j$  的概率,  $\alpha_t(i)$  表示在  $t$  时刻,观测序列  $O = \{o_{t+1}, o_{t+2}, \dots, o_T\}$  状态为  $q_t$  的概率,  $\beta_t(i)$  表示在  $t$  时刻状态为  $q_i$  的条件下从  $t + 1$  到  $T$  时刻部分观测序列为  $O$  的概率,  $\varepsilon$  是预先设定的阈值终止条件:  $|\lg P(O | \lambda) - \lg P(O | \lambda_0)| < \varepsilon$ 。在 HMM 模型  $\lambda$  和观测序列  $O$  下,在  $t$  时刻状态为  $q_i$  且  $t + 1$  时刻状态为  $q_j$  的概率,公式(1):

$$\xi_t(i, j) = \frac{P(q_t = i, q_{t+1} = j, O | \lambda)}{P(O | \lambda)} = \frac{\alpha_t(i) a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{\sum_{i, j=1}^N \alpha_t(i) a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j)} \quad (1)$$

$t$  时刻处于状态  $S_i$  和  $S_j$  的概率,公式(2)和公式(3):

$$\gamma_t(i) = \sum_{j=1}^N \xi_t(i, j) \quad (2)$$

$$\gamma_t(j) = \sum_{i=1}^N \xi_t(i, j) \quad (3)$$

对状态进行重估,  $A$  和  $B$  的期望,公式(4)和公式(5):

$$\bar{a}_{ij} = \sum_{i=1}^{T-1} \xi_t(i, j) / \sum_{i=1}^{T-1} \gamma_t(i) \quad (4)$$

$$\bar{b}_j(k) = \sum_{i=1, O_t=V_k}^{T-1} \gamma_t(j) / \sum_{i=1}^T \gamma_t(i) \quad (5)$$

其中,  $\sum_{i=1}^{T-1} \xi_t(i, j)$  表示从  $S_i$  转换到  $S_j$  次数的预期,  $\sum_{i=1}^{T-1} \gamma_t(i)$  表示整个过程中从状态  $S_i$  转出次数的预期。

通过一段时间内的动作序列推测出危险行为的状态序列。将 HMM 应用到动作分割中时,可以将人体的动作视为隐变量,将运动方向的角度量化成 12 等分,作为可以观测到的变量。要识别的动作的状态转移图如图 1 所示,由此可以建立一个关于动

作状态转移的 HMM 模型,通过角度的变化判断出当前的动作,既实现了动作分割,也实现了动作识别。完成视频中的动作分割后,再将这些动作与已有的动作特征进行比对和验证,从而得到人体的动作特征。例如,当观测到了“行走—摔倒—躺着不动”或“行走—摔倒—站起”的动作序列时,通过动作状态转移的 HMM 模型可以算出摔倒的概率极大,推测出即将出现一个危险状态。这时触发报警电路,发出警报,并通过短信猫发送短信。

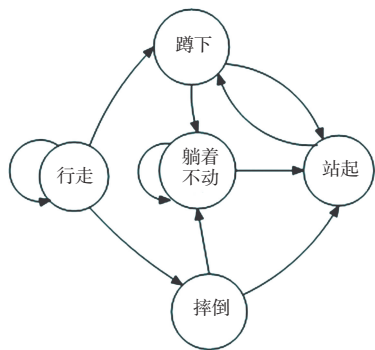


图1 动作状态转移图  
Fig. 1 Action state transition

关键环节,由3个模块构成:感知模块、监控识别模块、报警模块。感知模块由红外感应装置和摄像头组成,当红外检测装置检测出来有生命体后,计算机唤醒摄像头,开始接收摄像头传来的视频数据;报警模块由报警电路和短信猫组成,主要作用是发出警报;监控识别模块由单片机和信号处理电路组成,单片机可以控制位于室内的红外检测装置和室外的报警电路,若检测出此生命体不是人体,则使摄像头休眠,关闭摄像头等待下一次的唤醒,否则继续进行识别。若识别出摔倒行为,则发送信号给单片机,使其驱动报警电路,并通过短信猫报警。硬件实物和系统设计如图2、图3所示。

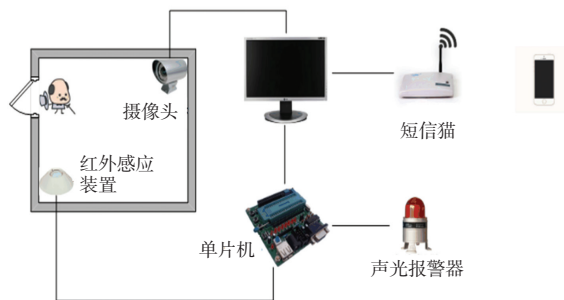


图2 硬件实物图  
Fig. 2 Hardware connection

## 2 系统设计

本系统主要包括识别摔倒行为及发出警报两个

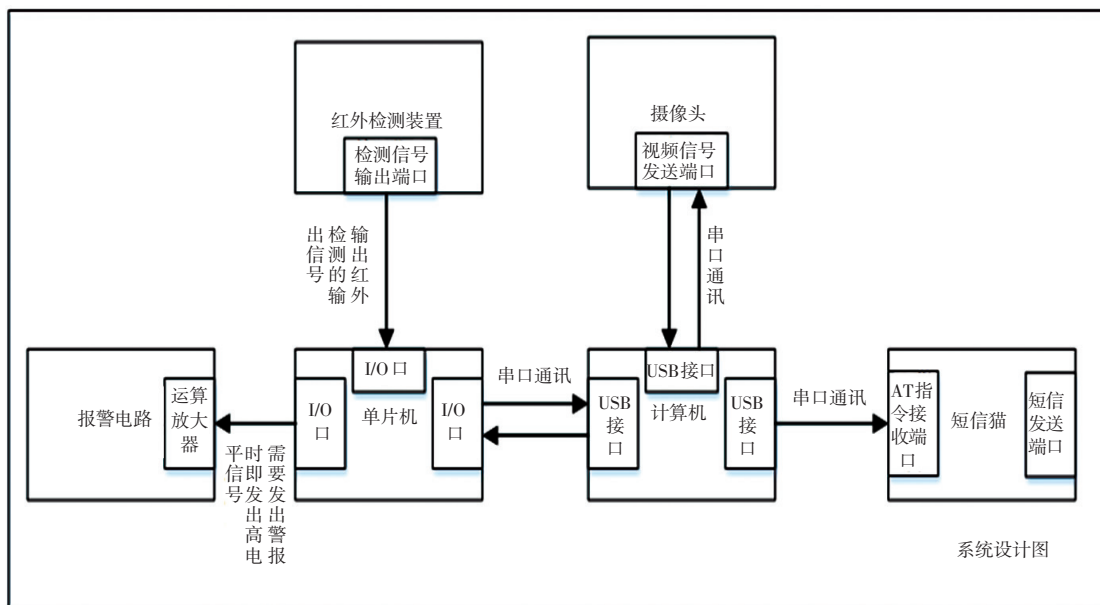


图3 系统设计图  
Fig. 3 System design

### 2.1 单片机控制模块

单片机控制模块包含对报警电路的控制以及对红外检测装置的控制。本文采用可编程的单片机来

控制报警电路和红外检测电路,使单片机与计算机通讯达到理想的效果。单片机采用 STC90C52,报警电路选用三极管运放进行放大,再连接一个蜂鸣器

即可。

红外检测装置利用热继电器将人体发出的红外光转换成电信号。首先,通过带通放大器来放大热继电器输出的脉冲电压;其次,通过比较器来抑制噪声,从而在触发单稳态电路时,消除了噪声的干扰;最后,通过光控电路及输出电路控制输出,控制蜂鸣器工作。红外检测模块的工作原理如图4所示。

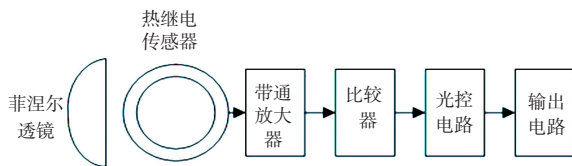


图4 红外检测原理图

Fig. 4 Schematic of infrared detection

红外检测装置采用菲涅尔透镜聚焦人体辐射的红外线,提高人体探测的灵敏度。红外检测模块选用 HC-SR501,这个模块有两种工作方式:第一种是不可重复触发方式,即感应输出高电平,延迟一段时间后,再由高电平变为低电平;第二种是可重复触发方式,若一直感应到红外线,则一直输出高电平。一旦没有感应到红外线,则输出低电平。本文选用第二种工作方式。由于 HC-SR501 输出时高电平为 3.3 V,低电平为 0 V,因而可以直接将 HC-SR501 的输出与单片机的 I/O 口连起来。人体感应模块的参数见表 2。

表2 人体感应模块参数表

Table 2 Parameter of human sensing module

项目	参数
产品型号	HC-SR501
工作电压	直流电压 4.5~20 V
静态电流	<50 $\mu$ A
电平输出	高 3.3 V/低 0 V
触发方式	L 不可重复触发/H 可重复触发
延时	5~200 s
封锁时间	2.5 s(可调)
电路板外形	32×24 mm
感应角度	<100°锥角
工作温度	-15 $^{\circ}$ C ~ 70 $^{\circ}$ C
感应透镜直径	23 mm(默认)

## 2.2 视频采集模块

视频采集模块包括镜头、电荷耦合元件(CCD)、

数字信号处理芯片(DSP)3个部分。首先,通过镜头将光学图像转化为电信号;其次,在 CCD 中经过 A/D 转换为数字图像信号;最后,将数字图像信号发送到 DSP 中处理,通过显示器观察图像。感光芯片的选择对于摄像效果影响较大,目前的感光芯片分为两类,一种是 CCD,另一种是 CMOS(金属氧化物半导体元件)。CCD 灵敏度高,信噪比较大,摄像效果比较好,缺点是成本较高;CMOS 集成度高,功耗低,成本低,但噪声比较大,灵敏度低。由于本文对于图像画面有一定的要求,故选用 CCD。

## 2.3 短信发送模块

短信发送模块(短信猫)是用来收发短信的设备,需要手机 SIM 卡的支持,短信猫基于工业级的全球移动通信(GSM)技术,内嵌 GSM 无线通信模块,插入手机 SIM 卡即可运行,可以与相应的运行商的短信中心建立无线通信,通过本地计算机控制应用系统可实现短信收发功能。

使用短信猫进行短信发送。将手机卡放入短信猫,将短信猫通过 USB 接口接入电脑,利用串口将 AT(终端设备与 PC 应用之间)指令发送到短信猫中即可实现短信收发,还可使用移动供应商提供的短信猫的接口控制短信的收发。

## 3 结束语

本文提出了一种连续实时地对室内的场景进行监视的方法,设计了一款摔倒行为视频监控及报警系统,可以自动分析摄像机所采集的图像信息,对摔倒行为进行有效识别及报警。首先,通过红外检测装置对进入监控区的人与其他物体域进行自动区分;其次,根据人的常见运动方向建立了 HMM 模型,进行动作分割,判断人的摔倒行为;最后,利用短信发送模块发出警报信息。研究结果可为行为监控系统提供一种理论依据。未来将开展更多的行为实验,检测与识别更多的异常行为,验证该系统的实时性和识别精度。

## 参考文献

- [1] 沈雪松. 视频监控中运动目标检测与跟踪研究[D]. 无锡:江南大学,2019.
- [2] 左国才,苏秀芝,陈明丽,等. 基于深度学习抗遮挡的多目标跟踪研究[J]. 智能计算机与应用,2020,10(7):239-242.
- [3] 陈璐. 家庭智能视频监控系统设计[J]. 智能计算机与应用,2020,10(11):141-143.