

# 基于 SVM 的地铁闸机检测识别系统研究

张智华, 孔维灿, 曹 伟, 康泽宇, 徐广泽

(江苏航运职业技术学院 交通工程学院, 江苏 南通 226010)

**摘 要:**在复杂环境下提高地铁闸机智能识别系统的识别率是一项极其困难的工作。针对地铁闸机通行中各种事件的不同情况,提出了一种基于支持向量机的智能识别方法,并设计了基于双 CPU 控制和红外传感器的智能检测识别系统,通过合理安排红外传感器的位置,获取通行乘客经过闸机通道时的运动序列,结合图像识别等辅助功能,最终判断通行乘客情况。大量样本数据表明,通过 SVM 的方法使控制系统精度和处理能力得到提高,识别率超过 90%,较好地满足了市场需求。

**关键词:**闸机;目标识别技术;双 CPU;支持向量机

**中图分类号:**U231

**文献标志码:**A

**文章编号:**1671-9891(2021)1-0032-05

## 0 引言

如何在复杂环境下提高地铁闸机智能识别系统的事件识别率,是一项极具挑战性的工作。我国地铁闸机智能检测识别系统研究工作始于 20 世纪 90 年代,起步晚、基础弱,尚未形成相对开放的设计环境和完整的设计体系,产品性能同国外同类产品相比仍有相当大的差距,相关研究文献也比较少。曲日提出了一种基于事件驱动的乘客通行算法,该方法综合了事件识别、人体步态识别和人体轮廓识别三种识别技术。<sup>[1]</sup>牟总斌对曲日提出的算法进行了改进和优化,提出了一种基于人体头肩部与步态检测相结合的闸机通行逻辑算法。<sup>[2]</sup>李建省提出了一种新的人体识别算法,采用基于数据库判别规则推理的方法来进行人体识别。<sup>[3]</sup>杨超提出了基于传感器的通行算法,融合事件识别技术和步态识别技术对闸机通道内乘客的通行状态进行识别。<sup>[4]</sup>然而这些方法难以识别前后贴行,试图逃票的乘客,且 85%左右的检测识别率远远不能满足市场的要求。<sup>[5]</sup>

本文提出了一种支持向量机(Support Vector Machine,简称“SVM”)方法,通过合理安排红外传感器位于闸机通道的位置,获取通行乘客经过闸机通道时的运动序列,最终判断通行乘客的通行方式。同时,借助车站图像识别等辅助装置获取通行乘客的身高信息,依据相应的识别算法判断通过闸机通道的乘客是否存在逃票现象。为验证闸机系统通过模型设计及方法对逃票行为识别的有效性,设计了基于双 CPU 和红外线传感器的检测识别系统。

## 1 基于 SVM 的闸机乘客通过事件识别模型分析

支持向量机 SVM 由 Vapnik 等人于 1995 年提出并形成著作,并由我国学者翻译,利用最优化的原理来解决实际存在的问题,对国内模式识别领域的研究产生了较深远的影响。支持向量机通常通过最小化结构误差来训练分类器<sup>[6]</sup>,是模式识别与智能控制领域研究的新方法。

通过采用支持向量机方式可以将数据分为正、负两类。若数据采集到的一组点的数据属于这两类,则支持向量机的描述可以如下:支持向量机建立一个超平面,将同一类的大多数点分布在同一侧,使两类点到超平面的距离最大化。最优分割超平面定义为一个类与一个超平面之间的距离,即该超平面与同一类的其他点之间的小距离。支持向量机生成的超平面包含了这两类点的子集,我们称之为支持向量。图 4 为两个数据集的最优分割超平面示意图,图中中间直线为最优分类线,要求分类线不但能将两类样本正确分开,即训练错误率 0,而且能使分类间隔距离达到最大。

**收稿日期:**2021-02-25

**基金项目:**江苏省大学生创新计划训练项目(202012703010Y)

**作者简介:**张智华(1983—),男,江苏如东人,江苏航运职业技术学院交通工程学院副教授,博士。

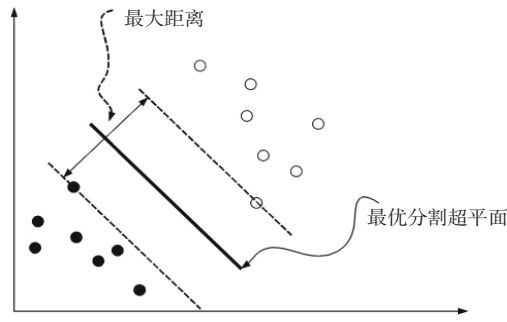


图1 最佳分割超平面的分类间隔

假设训练数据样本集为  $\{\mathbf{x}_i, y_i\} (i = 1, 2, \dots, k)$ , 其中  $\mathbf{x} \in \mathcal{R}^N$  是  $n$  维输入指标,  $y_i \in \{-1, +1\}$  是所需的输出指标。最优分割平面的中间直线定义为:

$$\mathbf{w}\mathbf{x} + b = 0 \quad (1)$$

其中  $\mathbf{w} \in \mathcal{R}^N$ , 为分割超平面的权系数向量,  $b$  为阈值。

为了最大化超平面之间的距离  $\frac{2}{\|\mathbf{w}\|}$ , 需最小化参数  $\|\mathbf{w}\|^2$ , 要使传感器得到的数据阵列能够正确分类不同事件, 则向量  $\mathbf{x}_i$  和  $y_i$  需满足以下方程:

$$y_i(\mathbf{w}\mathbf{x}_i + b) - 1 \geq 0 \quad (2)$$

而分离边界和最优超平面上这些点之间的欧几里得距离, 由式(3)确定:

$$\frac{y_i(\mathbf{w}\mathbf{x}_i + b)}{\|\mathbf{w}\|} = \frac{1}{\|\mathbf{w}\|} \quad (3)$$

因此, 支持向量机目标为构建最优分割超平面来分类所有得到的传感器数据样本, 可以通过凸优化的方法来实现, 则有:

$$\begin{cases} \min \frac{\|\mathbf{w}\|^2}{2} \\ s.t. \quad y_i[\mathbf{w}\mathbf{x}_i + b] - 1 \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

定义拉格朗日函数方程为:

$$J(\mathbf{w}, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 - \sum_{i=1}^k \alpha_i [y_i(\mathbf{w}\mathbf{x}_i + b) - 1] \quad (5)$$

式中,  $\alpha_i$  为拉格朗日乘子。最优问题的解决方法可以通过求取函数的极值来实现,  $J(\mathbf{w}, b, \alpha)$  为求最小值, 可以分别对  $\mathbf{w}$ 、 $b$  进行求导并令其为 0, 即有:

$$\begin{cases} \frac{\partial J}{\partial \mathbf{w}} = 0 \Rightarrow \mathbf{w} = \sum_{i=1}^k \alpha_i y_i \mathbf{x}_i \\ \frac{\partial J}{\partial b} = 0 \Rightarrow \sum_{i=1}^k \alpha_i y_i = 0 \end{cases} \quad (6)$$

将式(6)代入到式(5), 则优化问题式(4)变为:

$$\begin{cases} \max \sum_{i=1}^k \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \alpha_i \alpha_j y_i y_j \mathbf{x}_i \mathbf{x}_j \\ s.t. \quad \alpha_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, k \\ \sum_{i=1}^k \alpha_i y_i = 0 \end{cases} \quad (7)$$

则式(7)存在唯一解,若  $\alpha_i^*$  为最优解,则需满足  $w^* = \sum_{i=1}^k \alpha_i^* y_i x_i$ 。

根据拉格朗日函数方程与上述不等式约束的乘积条件,则优化问题需要满足以下公式:

$$\alpha_i [y_i (w x_i) + b - 1] = 0 \quad (8)$$

当选取  $\alpha_i^* > 0$ ,可以求取  $b^* = y_i - \sum_{i=1}^k \alpha_i^* y_i x_i x_j$ ,由此可得到最优超平面函数。

通过目标识别模型即先将通行闸机时传感器获得的数据按照 SVM 识别方法进行数据预处理,通过分析目标的数字特征及分布规律,选定训练集和测试集数据库,运用 SVM 方法进行训练、测试进而提高分类准确率。若得到的结果不满意,需将参数和模型进一步调整优化,或通过样本选取调整,最终达到满意的输出结果。

## 2 闸机检测识别控制系统整体设计

本研究采用双中央处理器(Central Processing Unit,简称“CPU”)进行控制系统的硬件设计,其中以微处理器 ARM(Advanced RISC Machines)为主控单元进行模块显示控制、传感检测识别模块以及车站视频图像处理辅助设备的信息采集,并利用 ARM 处理器进行识别模型的数据处理,通过 RS232 串口通信给另一个 CPU 发送数据命令。该 CPU 采用数字信号处理器 DSP(Digital Signal Processor)作为从控单元来控制扇门电机开关门控制,同时 DSP 采集电机相关信息并通过通信形式反馈给主控单元,并由显示器或者上位机显示出来。闸机检测识别控制系统的整体控制结构如图 2 所示。

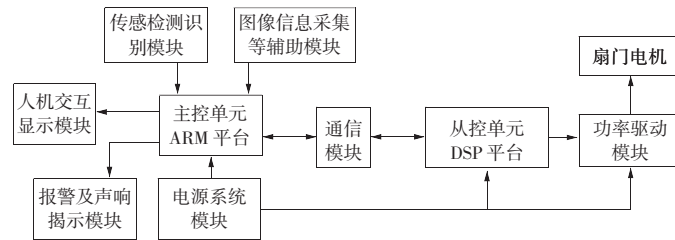


图 2 闸机检测识别控制系统的整体框图

### 2.1 闸机红外传感器检测点布置

本文研究设计的闸机智能识别系统主要由软件和硬件组成,其中软件部分为智能识别核心算,硬件部分主要为利用对射型红外传感器构成的硬件检测电路,选用对射型红外传感器检测乘客通行情况。图 3 所示为红外传感器原理图,由发射器和接收器两部分组成,传感器平行布置在闸机两侧,当闸机之间检测到物体,传感器对应状态为 0,否则状态数据为 1。闸机行走通道中平行布置了总共 12 个对射型红外传感器,如图 4 所示。其中进站检测区传感器 1 和 2 用于检测乘客情况,允许乘客停留进行刷卡或者人脸识别等操作;传感器 3 至传感器 10 共计 8 个传感器位于步态检测区域,其中传感器 3 和 4 用于检测乘客的不文明逃票行为,该区域设置了跟随报警装置,一旦没有经过刷卡进入本区域则智能检测报警装置就会报警,直至退出该区域;出站检测器布置了传感器 11 和 12,用于检测乘客出站的情况,在该区域里要求人员在一定时间内离开该区域,防止人员拥挤,影响正常乘客出站,若在一定时间内未离开,则会触发语音提醒。

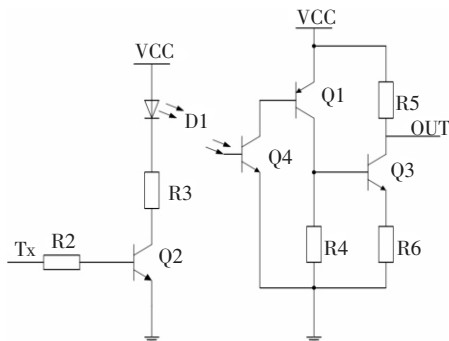


图 3 对射型红外传感器原理图

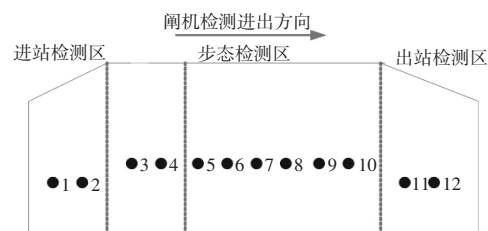


图 4 闸机红外传感器检测点分布图

2.2 智能检测识别流程软件设计及数据处理

通道内的事件识别算法流程如图 5 所示。通行乘客刷卡进入通道后, 闸机系统检验是否检票, 如果成功检票, 则闸门打开, 乘客通过之后, 判断是否为单人通过; 若不是, 则触发报警装置, 现场工作人员予以确认。如果没有检票, 车站视频图像的信息采集对比功能则对乘客身高进行判断, 如果乘客身高低于 1.3 m, 符合不需要买票的条件, 闸门打开; 若不满足身高低于 1.3 m 的条件, 则触发报警装置, 需工作人员现场确认。

根据相关要求, 同时建立通行上位数据显示情况。图 6 所示为传感器显示状态, 经过传感器的工作状态 (“0”表示传感器被遮挡, “1”表示传感器未被遮挡), 系统每隔 1 ms 读取一次传感器的工作状态, 只对 5—10 号传感器前后时刻状态发生改变的数据分别予以记录。因此当有乘客经过闸机通道时, 5—10 号传感器收集回的数据是一个  $n$  行、6 列的矩阵 (每一行代表系统记录一次各传感器的状态, 每一列代表一个传感器的工作状态, “1”或“0”), 将其合并成长度为  $n \times 6$  的数据流, 其中纵坐标为时间序列, 横坐标为 5—10 号传感器的状态。

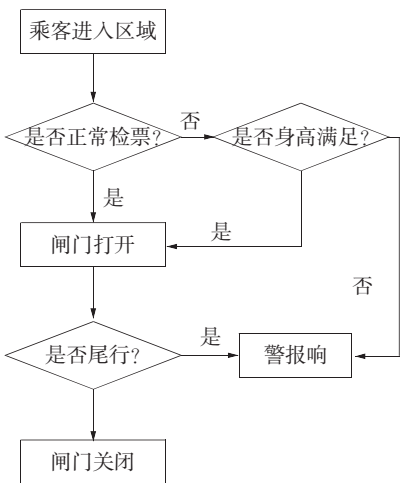


图 5 闸机通行识别算法流程图

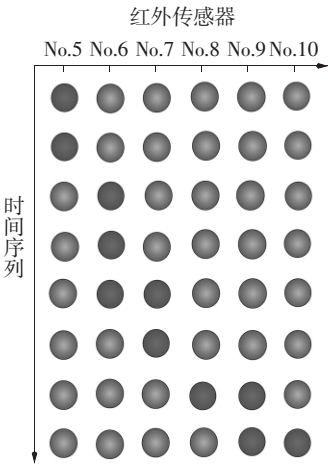


图 6 乘客通行闸机传感器工作数据状态

3 实验数据分析

在实验中, 通过选取三类事件进行识别仿真分析, 事件类型 1 为单人没有携带任何行李通过闸机通道, 或单人携带背包和公文包通过闸机通道; 事件类型 2 为一人尾行在另一人身后通过闸机通道; 事件类型 3 为单人携带行李箱通过闸机通道。

本研究根据乘客通过检票设备时的红外线传感器工作状态转变为数据样本, 经过基于智能识别算法分析, 可以对乘客通行过程当中所存在的事件做出准确的判断, 并通过 Matlab 仿真软件分析采集实验数据, 以检测智能识别方法的准确性。以曲日提出的基于事件驱动的乘客通行算法得到的识别率、BP 神经网络算法与支持向量机 SVM 方法进行对比分析, 其中选取 60 个样本用来训练识别模型, 30 个样本用来测试训练样本, 则可以得到表 1 所示数据。

表 1 不同方法下的识别率

采用的方法	测试样本/训练样本	最小识别率	最大识别率	平均识别率
基于事件驱动算法	无	无	无	0.85
BP 神经网络	30/60	0.83	0.9	0.89
SVM	30/60	0.92	0.92	0.92

4 结束语

针对地铁闸机通行中各种事件的不同情况, 本研究提出了一种基于 SVM 的识别方法, 并设计了基于双

CPU 控制和红外传感器的智能检测识别系统。大量样本数据实验表明,该方法得到了满意的结果,且使控制系统精度、处理能力得到提高,识别率超过 90%。该方法对地铁闸机及其他门禁系统的智能检测具有一定的参考价值,检测识别率的提升能够较好地满足智能识别系统的市场需求。

#### 参考文献:

- [1]曲日.城市轨道交通中闸机智能识别系统及其识别技术的研究[D].天津:天津大学,2005.
- [2]牟总斌.基于人体头肩部与步态检测的闸机通行逻辑[J].城市轨道交通研究,2008(8):36-39.
- [3]李建省,张美凤.自动检票中的启门式闸机控制系统[J].城市轨道交通研究,2008(1):38-41.
- [4]杨超.基于 ARM 架构的地铁自动检票机控制系统的研究[D].北京:北京交通大学,2011.
- [5]刘旭.圆筒型直线电机驱动闸机门控系统研究[D].沈阳:沈阳工业大学,2016.
- [6]卢玉婷.基于 SVM 的闸机目标识别方法的研究[D].南京:南京理工大学,2013.

(责任编辑:张 利)

## Research on Detection and Recognition System of Metro Gates Based on SVM

ZHANG Zhi-hua, KONG Wei-can, CAO Wei, KANG Ze-yu, XU Guang-ze

(School of Transportation Engineering, Jiangsu Shipping College, Nantong 226010, China)

**Abstract:** It is an extremely difficult task to improve the recognition rate of the intelligent recognition system of metro gates in a complex environment. In line with the different situations of various events in the movement of metro gates, an intelligent recognition method based on support vector machines is proposed, and an intelligent detection and recognition system based on dual CPU control and infrared sensors is designed, and the position of infrared sensors is reasonably arranged to obtain passengers' gate-passing movement sequence, and finally the situation of passing passengers in combination with auxiliary functions such as image recognition is judged. A large number of sample data show that the accuracy and processing capacity of the control system are improved by the SVM method, and the recognition rate reaches more than 90%, which fairly satisfies the market demand.

**Key words:** metro gate; target recognition technology; dual CPU; support vector machine