

# 机车司机工作状态 识别监督系统应用研究

宋志雄<sup>1</sup> 戴小文<sup>2</sup>

西南交通大学：1. 交通运输学院；

2. 电气工程学院；成都 610031

**摘要：**分析了铁路交通安全中出现事故的原因；研制了机车司机工作状态监督系统；采用肤色模板和脸部特征对司机是否在座位上正确就坐进行检测；采用人脸识别的方法对司机值乘中的工作状态进行识别，对发呆和睡眠状态及时进行报警。线路试验表明，此系统的识别率高，有较高的工程实用价值。

**关键词：**司机；工作状态；识别；监督

中图分类号：U260.39

文献标识码：A

文章编号：1672-4747(2005)01-0073-05

## Application of the Supervisory System to the Locomotive Driver's Operation Mode

SONG Zhi-xiong<sup>1</sup> DAI Xiao-wen<sup>2</sup>

1. College of Traffic & Transportation ;

2. College of Electrical Engineering ;

Southwest Jiaotong University , Chengdu 610031 , China

**Abstract :** Accidents in the railway transport caused by the drivers are analyzed. And a supervisory system for the locomotive driver 's operation mode is proposed. Based on the model of the skin color and the face feature, the gesture of the locomotive driver is identified and reserved. The alarm will be raised when the inopportune operation modes, such as idleness and sleepiness are occurred. Field tests show that there is a high correct rate for the system.

**Key words :** Locomotive drivers , operation mode , identify , supervisor

收稿日期：2004-12-22.

作者简介：宋志雄(1964-),男,新疆人,西南交通大学交通运输学院博士研究生,研究方向,交通运输工程安全、规划。

## 0 概述

安全是铁路交通运输中永恒的主题。通过对各类事故分析,不难发现铁路运输安全受人为因素、技术设备和环境因素的相互影响。人为因素主要指驾驶员违章作业或操纵失误,各级管理人员在安全和技术上的漏洞,以及机动车驾驶员和行人抢过道口等。国内外研究表明人为造成的事故占有很高的比例。美国、日本铁路行车事故中人为造成的比重为:在死伤事故中占 1/2 以上。以冒进信号为例,由于司机不了望而造成的占 54%,司机打瞌睡占 13%,制动设备使用不当占 16.5%,误认信号占 12%。司机所处的作业环境存在着高温、噪声、震动以及燃料发出的异味气体,这些都与行车疲劳一起作用于人体,使得司机出现注意力下降、反应迟钝等现象。我国铁路运输安全形势波动较大,列车重大、大事故时有发生,客车伤亡事故尚未杜绝,货车险性事故和一般事故经常发生,行车安全还没有达到有序可控的理想状态。由于铁路安全技术的改进,近年来发生的事故中技术性因素已经明显减少,而人为因素日渐突出。1999年7月9日,京广线461次客车行至衡阳茶山坳附近将通过前方道岔时,车上司机精力不集中,没有认真确认信号,在信号机显示双绿灯的情况下,没有采取减速措施,致使列车以111 km/h速度侧向通过限速45 km/h的道岔,严重的超速导致列车脱轨颠覆,造成死亡9人,重伤15人,轻伤25人。中断行车32小时,这起特大事故的直接原因是司机麻痹大意,注意力不集中。又如,2001年4月20日安达站发生的震惊全路的T47次旅客列车脱轨颠覆的重大事故,造成了2人死亡、2人重伤、25人轻伤,直接经济损失806万元的严重后果,事故的原因也是司机注意力不集中所导致。

如何使得司机在整个作业期间都能保证高度的警觉性是个重要的课题。尤其是铁路全路大面积提速和新运行图的实施,单司机值乘列车跨多个路局(分局)运行,运行距离大幅度延长,对行车安全提出了更高的要求。采用单司机值乘,没有了副司机的协助

和提醒,行车卡控减少了一个环节,除了各种正常的机车操作外,施工限速地段的了望控速、监控装置的操作以及特殊情况下的处理全部由一个人负责,无形中增加了司机的压力,对司机的综合能力和精力集中都提出了更高的要求。本文提出对机车司机工作时的面部表情和形体动作的状态进行监督,并及时语音报警的系统,就是为解决司机在整个值乘期间注意力集中问题,防止司机出现反映迟钝、不注意观察线路前方以及睡眠状态的危险状况,同时,此系统具有非接触性、友好的特点,司机更愿意接受。

复杂运动目标识别由于有极广阔的应用前景一直是计算机视觉、模式识别、人机感知交互等众多研究领域的热点和难点。

对复杂运动目标的检测与识别常见的技术有基于图像统计的方法和基于色彩分布、运动规则、对称性的知识建模方法等。对于人脸识别,传统的技术是通过提取人脸的几何特征,并结合特定模板来进行识别,近期的方法包括特征脸技术、弹性模型,局部特征技术等。由于人脸变化十分复杂,如表情变化、不同的发型、胡须,眼睛、化妆等,而且在不同的运动速度、不同的光源、复杂的背景下,光照的强度也会发生很大变化,这些给人脸的特征描述和特征提取带来重重困难。

司机工作在一个复杂的环境中,线路、光照方向和光源的变化以及得到的司机脸部图像并不是正面对的(由于司机面前的各种操作仪表和设备是已经固定了的,不可能在正面安装摄像机,并且工作中司机的头部要摆动),这些都给司机的工作状态识别造成了困难。本文研制的系统包括人脸检测、人脸识别和语音报警三部分。

## 1 司机脸部检测

采用肤色模型和脸部特征来判别司机是否在座位上正确就座,主要采用肤色模板作前期检测,用脸部特征来做后期校验。

司机在整个值乘期间,光照的方向和光源的强

度是变化的(如白天和晚上、大雾天、晴天以及下雪等),因此,采用的肤色模板要把亮度与色度分割出来,利用色度分量来构造肤色模型,这里采用  $YC_bC_r$  空间。

$YC_bC_r$  (亮度、色度)空间和 RGB (红、绿、蓝)空间是可以转换,转换公式为:

$$Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B \quad (1)$$

$$C_b = -0.169 R - 0.331 G + 0.5 B \quad (2)$$

$$C_r = 0.5 R - 0.418 G - 0.081 B \quad (3)$$

由(2)(3)式得到肤色像素点的  $C_b$ 、 $C_r$  值, Anil K.Jain 等人从 HHI 图库中取出 137 幅图像并手工选取了 853571 个肤色像素点,可得到肤色点在  $C_bC_r$  坐标空间中的投影<sup>[1]</sup>。

在  $YC_bC_r$  色彩空间中,肤色聚类是呈两头尖的纺锤形状,也就是在  $Y$  值较大和较小的部分,肤色聚类区域随之缩减,即在  $Y$  值不同的区域,  $C_bC_r$  平面的投影也是不同的。所以,简单地排除  $Y$  分量而生成的聚

类期间是不行的。这是因为  $YC_bC_r$  是可以由 RGB 空间利用(1)(2)(3)式线性变换得到,亮度  $Y$  分量和色度  $C_bC_r$  不是完全独立的。所以,要对  $YC_bC_r$  色彩格式进行非线性分段色彩变换。变换后的可以用一个椭圆来近似表示这一肤色区域。用解析表达式表示为<sup>[1]</sup>:

$$\frac{(x-ecx)^2}{a^2} + \frac{(y-ecy)^2}{b^2} = 1 \quad (4)$$

式中,  $\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C'_b - cx \\ C'_r - cy \end{bmatrix}$ ; 常量:

$cx = 109.38, cy = 152.02, \theta = 2.53$  弧度,  $ecx = 1.60, ecy = 2.41, a = 25.39, b = 14.03$ 。

## 2 实际线路中司机脸部检测试验

选取实际线路值乘中的司机实时图像,采用肤色模型来检测这些图像,实验结果如图 1 所示。



图 1 实际值乘司机图像的脸部识别

Fig.1 Tests to detect the driver's face

## 3 司机工作状态的识别

眼睛是心灵的窗户,要了解司机的工作状态先要

了解司机的眼睛状态,眼睛的状态主要有:眼睛睁开、眼睛闭上和眼睛时睁时闭(正常状态人相隔一段时间都要眨眼)。

首先对司机的眼睛区域进行提取。

由于人的两只眼睛的对称性以及眼珠呈现为低灰度值的圆形，因此，在人脸图像清晰端正的时候，先利用人脸区域的水平灰度投影曲线确定人脸的左右边界；之后利用人脸区域的水平灰度投影提取出包含眉眼的矩形区域；然后对眉眼区域图像进行去噪、增强处理以抑制弱边缘的产生；接下来将滤波后的图像二值化；随后将值为 1 的像素点进行分组，可得到几组分离的像素点，将分别包含这些分组的最小矩阵检测出来，其中长宽相差不大的矩形作为最终检测出

的人眼；取矩形的中心作为人眼的中心点，根据两眼的中心可以取得所需的眼睛区域。定位出的人的眼睛如图 2 所示。

其次，对如图 2 所示定位出来的眼睛区域，采用睁开眼睛的模板来匹配，判断出眼睛是睁开还是闭上。

模板匹配常用的一种办法是模板与原图像对应区域的误差平方和。设  $f(x, y)$  为  $M \times N$  ( $M$  行、 $N$  列) 的司机人脸检测出来脸部矩形的原图像， $t(j, k)$  为  $J \times K$  ( $J < M, K < N$ ) 的眼睛模板图像，则误差平方和的匹配方法为<sup>[2]</sup>：



图 2 定位出的人脸的眼睛区域

Fig.2 Tests to position the eyes

$$D(x, y) = \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} [f(x+j, y+k) - t(j, k)]^2 \quad (5)$$

将 (5) 式展开，得到：

$$D(x, y) = \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} [f(x+j, y+k)]^2 - 2 \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} t(j, k) \times f(x+j, y+k) + \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} [t(j, k)]^2 \quad (6)$$

令

$$DS(x, y) = \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} [f(x+j, y+k)]^2 \quad (7)$$

$$DST(x, y) = 2 \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} t(j, k) \times f(x+j, y+k) \quad (8)$$

$$DT(x, y) = \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} [t(j, k)]^2 \quad (9)$$

$DS(x, y)$  称为原图像中与模板对应区域的能量，它与像素位置  $(x, y)$  无关，但随像素位置  $(x, y)$  的变

化， $DS(x, y)$  变化缓慢。 $DST(x, y)$  称为模板与原图像对应区域的互相关，它随像素位置  $(x, y)$  的变化而变化，当模板  $t(j, k)$  和原图像中对应区域相匹配时取得最大值。 $DT(x, y)$  称为模板的能量，作好了的模板，它的能量是一定的。求出满足 (5) 式最小值的项，根据统计特性定出一个阈值来判断眼睛是否是睁开的。

若设  $DS(x, y)$  是常数，则用  $DST(x, y)$  就可进行图像匹配，当  $DST(x, y)$  取最大值时，便可认为模板与图像是匹配的。用归一化互相关作为误差平方和测度，即：

$$R(x, y) = \frac{\sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} t(j, k) \times f(x+j, y+k)}{\sqrt{\sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} [f(x+j, y+k)]^2} \times \sqrt{\sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} [t(j, k)]^2}} \quad (10)$$

用灰度模板来匹配司机眼睛睁开的脸部灰度(灰

度都作了归一化处理，灰度范围为 0~1 之间) 实验了 100 幅图像，得到的数据(用眼的模板去匹配人脸睁开眼区域的得到的数值大于 0.98,用眼的模板匹配人脸闭上眼的区域得到的数值为小于 0.97,取不同的模板值会有一些变化,但睁眼和闭眼时匹配的值分别明显)。因此根据统计结果可以得到判断司机的眼睛是否睁开的阈值。

#### 4 整个监督系统的软件设计

机车司机工作状态监督软件的结构如图 3 所示。

#### 5 结论

司机的工作状态关系到列车运行的安全,采用人脸检测技术可以判断司机是否在座位上正确就座,并注视线路前方。采用人脸识别可以判断司机在值乘期间的工作状态,本文提出的司机工作状态监督系统在实际线路中调试运行,试验证明系统识别率高,可以实时监督司机的工作状况,存储当时的图像数据,并

及时提醒机车集中精力作好自己的工作,具有较高的工程实用价值。

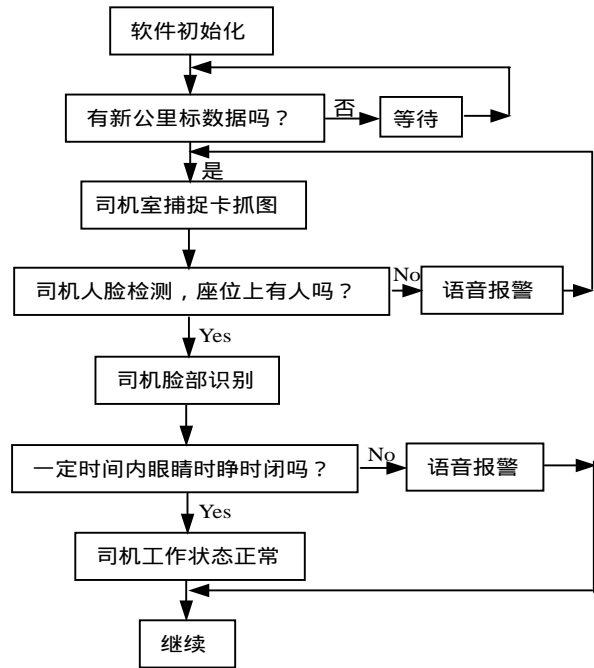


图 3 机车司机工作状态监督系统流程图  
Fig.3 Process of the supervisory system

#### 参考文献

[1] 张宏林 编著. 数字图像模式识别技术及工程实践 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.  
[2] 何东键 等编著. 数字图像处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003.