

文章编号: 2095-2163(2020)09-0150-05

中图分类号: U298.1+2, B849

文献标志码: A

# 基于 VTS 的列车司机评估辅助系统

于颖慧, 朱海燕, 朱琳, 马玉珍

(上海工程技术大学 城市轨道交通学院, 上海 201620)

**摘要:** 维也纳心理测试系统(Vienna Test System, VTS)可对列车司机胜任力的基础素质进行专业测评,测试司机的个人决断力、反应力、协调能力、外周知觉能力、注意警觉性及持久性注意能力等。在此系统的基础上,本文开发了轨道交通列车司机评估辅助系统。该系统可对列车司机的各项指标进行数据分析、建立符合我国轨道交通司机的常模、对司机各项能力综合评估和生成司机能力统计图表,使得地铁公司能全面地了解司机的生理状况,为公司制定相关排班决策提供依据。

**关键词:** 列车司机; 数据分析; 综合评估; 辅助系统

## Assistant system of train driver evaluation based on VTS

YU Yinghui, ZHU Haiyan, ZHU Lin, MA Yuzhen

(Urban rail transit College, Shanghai University Of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

**[Abstract]** Vienna Test System (VTS) can be used to test the basic quality of train driver's competency. It can test the driver's personal decision-making ability, reaction ability, coordination ability, peripheral perception ability, attention alertness and persistent attention ability. On the basis of this system, this paper develops a train driver evaluation assistant system for rail transit. The system can realize the data analysis of various indicators of train drivers, establish the normal model of drivers in line with China's rail transit, comprehensively evaluate the various abilities of drivers and generate statistical charts of driver's ability so that the subway company can fully understand the physiological status of drivers, and provide the basis for the company to make relevant scheduling decisions.

**[Key words]** train driver; data analysis; comprehensive evaluation; evaluation assistance system

## 0 引言

地铁在迅速发展的同时,越来越多的事故也随之发生,在所有关于地铁事故的研究中,列车司机是地铁事故中的重要一环<sup>[1]</sup>,列车司机作为列车的直接操作者越来越受到关注。国家新发布的2020版《轨道列车司机国家职业技能标准》中明确规定了轨道列车司机的技能要求<sup>[2]</sup>。在使用VTS对列车司机进行职业测评的基础上,本文开发了列车司机评估辅助系统,一方面使得列车司机了解自身的职业素质情况,以便训练自身技能;另一方面使地铁运营方了解列车司机的职业素质情况,以便制定合理的排班制度。

## 1 需求分析和系统架构

### 1.1 需求分析

系统设计之前,首先对地铁公司进行了调研并完成了“上海申通地铁调度员综合素质测评”、“松江有轨电车司机综合素质提升培训”和“上海地铁磁浮运营有限公司列车司机综合素质提升培训”等项目。通过不断的反馈确定了系统的需求,包括统

计有效数据个数、建立动态常模、列车司机各项能力统计、对列车司机的综合评估、将数据保存到数据库和数据查询。

(1)统计有效数据个数。统计有效数据个数是为了了解数据的分布情况,为动态常模的建立提供参考,当异常值和缺失值的数量较大时,可以提前采取一些针对性的策略。

(2)建立动态常模。建立动态常模作为比较和解释测验结果的参照分数标准,可以对列车司机的各项能力进行评价。

(3)列车司机各项能力统计。列车司机各项能力统计用于直观的了解各批次或班次所有司机的能力水平。

(4)对列车司机进行综合评估。对列车司机进行综合评估是将司机的各项能力得分加权,得到总分数,用于更详细地了解司机在其所在群体的排位。

(5)保存数据和数据查询。将数据保存到数据库,为能力统计提供数据基础。数据查询可以方便管理者查询司机能力状况。

**作者简介:** 于颖慧(1995-),男,硕士研究生,主要研究方向:交通运输规划与管理;朱海燕(1980-),女,硕士,副教授,主要研究方向:轨道交通、人因风险。

**通讯作者:** 朱海燕 Email: zhuhaiyan0827@sina.com

收稿日期: 2020-06-16

### 1.2 系统架构

系统架构既要满足需求的变化,也要满足功能

的扩张。本系统分为数据提取模块、数据分析模块、数据储存和查询模块。整体设计如图 1 所示。

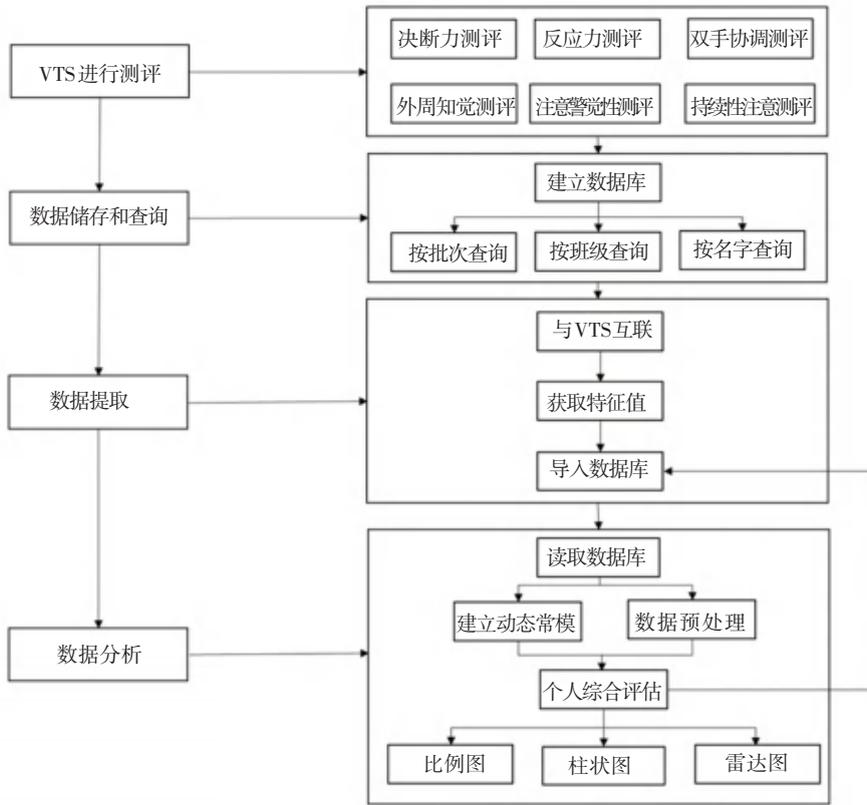


图 1 整体设计框图

Fig. 1 Overall design block diagram

## 2 系统关键技术

### 2.1 数据提取

VTS 可进行 6 种测评,包括决断力测评(Determination Test ,DT)、反应力测评(Reaction Test,RT)、双手协调测评(Two-Hand Coordination Test,2HAND)、外周知觉测评(Peripheral Perception Test,PP)、注意警觉性测评(Cognition Test,COG)和持续性注意测评(Sustained Attention Test,DAUF)。设计系统从这 6 种测评中提取 28 个特征值(正确拒绝的平均时间、点击平均时间等),再将这些特征值储存到数据库中,作为原始数据。

### 2.2 数据存储、查询

为了存储和查询所有受测人员的各个特征信息,需将处理后的数据储存到数据库中。选择使用 MySQL Server8.0 数据库储存数据,该数据库具有简单易用、性能好速度快等的优点,方便实现查询。

### 2.3 数据分析

获取原始数据后,需要进行数据的预处理、建立动态常模,统计列车司机各项能力、对列车司机进行综合评估。

### 2.3.1 数据预处理

测试机器可能出现故障或者受测人员的个人原因,导致取得的数据中包含一些缺失值和异常值,影响后续的数据分析。因此,需要对数据预处理,提高数据的质量。预处理过程如下:

(1)缺失值处理。缺失值在实际数据中是不可避免的问题,但是在不同的数据场景应该采取不同的处理方法,需要对缺失值的分布情况进行判断。

在处理的过程中发现数据中的缺失值较少,删除对整体数据影响不大,所以对于缺失值的处理方式删除。

(2)异常值处理。异常值是指样本中与其它观测值有明显差异的值。在测试结果评价中,测试人员成绩呈现出“中间段集中、两端较少”的情况,符合正态分布,则距离平均值  $3\sigma$  之外的值出现的概率应满足式(1)。

$$P(|X - \mu| > 3\sigma) \leq 0.003. \quad (1)$$

其中,  $\mu$  与  $\sigma$  分别表示正态总体的数学期望和标准差。此时,在测试数据值中出现大于  $\mu + 3\sigma$  或小于  $\mu - 3\sigma$  数据值的概率是很小的<sup>[3]</sup>。因此,根据式(1)将大于  $\mu + 3\sigma$  或小于  $\mu - 3\sigma$  的观测值作为异

常值,予以剔除。

### 2.3.2 建立列车司机动态常模

由于 VTS 中对于列车司机各个指标的评价标准是基于国外的研究数据所给出的,一些评价标准并不完全符合国内的实际情况,有必要重新建立一个符合国内列车司机的评价标准,即建立国内列车司机常模。司机常模建立过程如下:

(1)获得原始分数。获得列车司机各项能力的原始分数,以“正确反应数”这一个指标为例,记“正确反应数”的原始分数为  $X$ 。

(2)将原始分数转换为  $Z$  分数。 $Z$  分数是一个统计学概念,反映个体在总体中所占的份量<sup>[4]</sup>。同时, $Z$  分数也是一个抽象值,不受原始测量单位的影响,可接受进一步统计处理<sup>[5]</sup>。为更准确地衡量列车司机的能力水平,将司机的原始分数通过公式(2)转换为  $Z$  分数。

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma}, \quad (2)$$

其中,  $X$  为列车司机的原始分数;  $\mu$  为原始分数

的平均值;  $\sigma$  为原始分数的标准差。

(3)评价标准。有一些指标数值越大代表能力越强,比如“正确反应数”。其评价标准见表 1,其中  $\theta$  为  $Z$  分数的标准差;有一些指标数值越大代表能力越弱,比如“错误反应数”。其评价标准则与表 1 相反。

表 1 评价标准  
Tab. 1 Evaluation standard

| 标准             | 评价 |
|----------------|----|
| 1.8θ 以上        | 很好 |
| 0.6θ—1.8θ      | 较好 |
| - 0.6θ—0.6θ    | 正常 |
| - 1.8θ— - 0.6θ | 较差 |
| - 1.8θ 以下      | 很差 |

## 3 系统实现

### 3.1 指标划分范围

计算表 1 中的 1.8θ、0.6θ、- 0.6θ、- 1.8θ, 可以得到评价对应原始分数的边界值,以部分指标为例,见表 2。

表 2 部分指标常模划分范围

Tab. 2 Partial index norm division range

| 测评指标     | 指标范围   |             |             |             |        | 指标 ID |
|----------|--------|-------------|-------------|-------------|--------|-------|
|          | 很差     | 较差          | 正常          | 较好          | 很好     |       |
| 正确反应数    | <165   | 166-218     | 219-270     | 270-320     | >320   | 1     |
| 错误反应数    | >59    | 45-58       | 28-44       | 12-27       | <12    | 2     |
| 遗漏反应数    | >46    | 34-45       | 23-34       | 11-22       | <11    | 3     |
| 平均反应时间   | >560   | 474-559     | 377-473     | 279-376     | <279   | 4     |
| 正确总数     | <95    | 96-110      | 111-125     | 126-150     | >150   | 5     |
| 正确反应平均时间 | >1.415 | 0.895-1.073 | 0.724-0.894 | 0.723-0.560 | <0.560 | 6     |

### 3.2 能力统计

在测得列车司机的各个指标中,不同的指标反映司机不同的能力。如:司机决断力测评(DT)中,“正确反应数”反映司机简单刺激做出正确反应的能力,“错误反应数”反映司机压力环境中长期集中注意力的能力,“遗漏反应数”反映司机压力环境中长期保持注意力的能力。本系统可以按批次、班次输出司机各项能力的统计表和司机能力比例图,以“错误反应数”为例,如图 2 所示。

本系统可以建立符合中国轨道交通列车司机的常模,并可与 VTS 自带常模进行比较。VTS 自带常模收集了大量普通人的数据,即以普通人的标准衡



图 2 司机“压力环境长期集中注意力能力”比例图

Fig. 2 Ratio chart of drivers' long-term concentration ability in stress environment

量司机的各项能力,而本系统所建立的司机常模收集了大量上海列车司机的数据,更加符合中国列车司机的实际。以“总体平均持续时间”为例,如图 3 所示,“VTS”表示 VTS 自带常模,“JIS”(Standard of Justice)表示本系统建立的常模。

### 3.3 综合评估

按“很好”评 5 分,“较好”评 4 分,“正常”评 3 分,“较差”评 2 分,“很差”评 1 分,本系统可以统计单个司机的 13 个指标的总分数,按批次或班次对司机排名,见表 3。

同时,针对测试人员的综合情况,本系统还可以输出个人测评报告,见表 4。

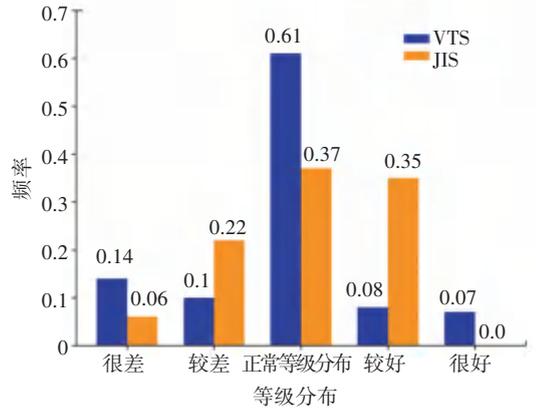


图 3 总体平均持续时间  
Fig. 3 Overall average duration

表 3 综合评估表

Tab. 3 Comprehensive evaluation table

| 姓名 | 总体平均持续时间 | 总体平均时间误差 | 正确总数 | ... | 遗漏反应数 | 总分 | 排名 |
|----|----------|----------|------|-----|-------|----|----|
| 张翔 | 3        | 4        | 4    | ... | 5     | 52 | 1  |
| 李明 | 3        | 2        | 3    | ... | 4     | 51 | 2  |
| 王刚 | 5        | 4        | 2    | ... | 3     | 50 | 3  |
| 潘磊 | 3        | 4        | 4    | ... | 3     | 48 | 4  |

表 4 测评报告

Tab. 4 Evaluation report

| 城轨运营关键岗位适应性指标体系测评报告 |     |      |            |      |               |
|---------------------|-----|------|------------|------|---------------|
| 个人信息                |     |      |            |      |               |
| 姓名                  | 陈思涛 | 学号   | 1103       | 班级编号 | 18-P-4-K-15-1 |
| 性别                  | 男   | 出生日期 | xxxx-xx-xx | 身份证号 | xxx           |
| 公司                  |     | 岗位   | 司机         | 线路   | 4号线           |
| 测评结果                |     |      |            |      |               |
| 指标能力雷达图             |     |      | 综合结果       |      |               |
|                     |     |      | 总体评价       | 43   |               |
|                     |     |      | 排名         | 14   |               |
|                     |     |      | 岗位匹配度      | 95%  |               |
|                     |     |      | 风险等级       | 非常适合 |               |