

城市轨道交通智慧乘务综合服务系统*

万勇兵

(上海申通地铁集团有限公司技术中心, 201103, 上海)

摘 要 [目的]为实现司乘管理由人工方式向智能方式转变,实现智能排班、自动派班等功能,进而提升管理效能,提出了适用于城市轨道交通运营管理的智慧乘务综合服务系统。[方法]定义了智慧乘务综合服务系统的系统架构和功能需求,分析了该系统的内外部接口要求,给出了该系统各子模块的技术方案,介绍了该系统在上海轨道交通 10 号线的示范应用情况。[结果及结论]应用表明,该系统可提高司机生产率,降低人车比,有助于实现乘务管理提质增效。

关键词 城市轨道交通;智慧乘务系统;智能排班;自动派班;司机定位;绩效管理

中图分类号 U29-39

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.02.049

Smart Crew Integrated Service System for Urban Rail Transit

WAN Yongbing

(Technique Center of Shanghai Shentong Metro Group Co., Ltd., 201103, Shanghai, China)

Abstract [Objective] To shift crew management from manual mode to smart mode, realize functions including intelligent scheduling, automatic dispatching, and improve management efficiency, a smart crew integrated service system suitable for urban rail transit operation management is proposed.

[Method] The system architecture and functionality requirements of the smart system are defined, the internal and external interface requirements of the system are analyzed, and the technological solutions for sub-modules are put forward. The demonstration and application situation of the system on Shanghai Rail Transit Line 10 are introduced. [Result & Conclusion] The application shows that the system can improve driver productivity, reduce the train-to-person ratio, and help to improve the quality and efficiency of crew management.

Key words urban rail transit; smart crew system; intelligent scheduling; automatic dispatching; driver positioning; performance management

市开通轨道交通运营线路 308 条,运营线路总长度为 10 287.45 km,累计配属列车 10 425 列,全年共完成客运量 193.02 亿人次^[1]。按每列车配备 5 名司机估算,全国每天有 5.2 万名司机承担着近 5 300 万人次乘客的运输任务。列车司机为关键岗位之一,在城市轨道交通运营过程中发挥着重要作用。通过调研发现,目前城市轨道交通运营企业大多采用人工方式对司乘进行管理,如在 Excel 表格中做排班计划、手持对讲机进行联络与定位、人工填写报表统计工作量等。如何科学、系统、智能地安排司乘人员的出乘作业,是当前乘务管理信息化亟待重点解决的问题^[2]。

当前,城市轨道交通乘务管理主要包括乘务排班、司机值乘、应急处置、计件薪酬统计、培训管理等环节。基于贪心算法、优先队列,并结合机器学习,设计和开发了适用于城市轨道交通运营管理的信息化系统和设备,是覆盖司机出乘排班、派班、人员管理、绩效核算等乘务管理主要环节的综合性服务平台——智慧乘务综合服务系统(以下简称“智乘系统”)。该系统主要围绕乘务管理的“计划、生产、绩效”三大核心业务需求,构建包含智能排班、自动派班、司机定位、绩效计算等功能的乘务信息化平台,优化生产效率、改进服务质量、提升管理效能^[3]。

1 智乘系统总体需求

1.1 系统架构

智乘系统主要由手持终端设备、面向用户功能端、后台数据库和动态展示端 4 部分组成,如图 1 所示。手持终端可为司机及相关人员提供移动信息服务、人员位置跟踪等功能。面向用户功能端可为用户提供排班、派班、数据查询、绩效计算等功能。动态展示端可提供独立运行的实时动态管理界面,包括列车及人员实时位置动态显示。

截至 2022 年 12 月数据统计,国内共有 55 个城

* 工信部产业技术基础公共服务平台项目(2022-A04R-1-1)

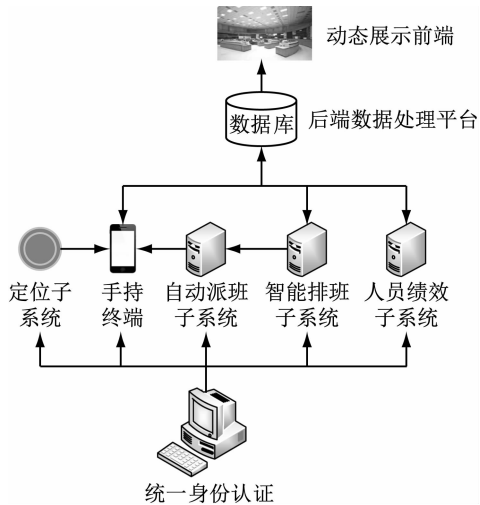


图1 智乘系统构架图

Fig. 1 Diagram of smart crew system architecture

1.2 系统功能需求

针对城市轨道交通乘务管理在计划、生产、绩效等主要环节的信息化要求,智乘系统主要包括智能排班、自动工单、任务派发、司机定位、报单中心和绩效统计等6个核心子模块^[4],如图2所示。

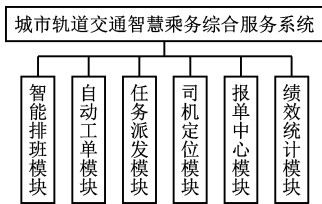


图2 智乘系统功能模块

Fig. 2 Function modules of smart crew system

智能排班模块主要是以列车运行图为输入,通过智能算法实现自动化司机出乘排班功能;自动派班模块(自动工单、任务派发)支持通过以运营商短信或网络即时消息等方式向司机推送值乘任务;司机定位模块实现司机在司机室、车厢内(漫游)、站台及其他车站区域的实时位置信息的收集与处理;人员绩效模块(报单中心、绩效统计)可自定义配置,实现司机工作量统计和绩效计算,并支持有人驾驶及无人驾驶两种绩效算法模型^[5]。

2 智乘系统接口要求

2.1 内部接口

1) 派班接口。根据接收到的派班任务编号或派班日期执行派班操作,执行结果返回处理成功或处理失败及原因,由手持端或面向用户功能端调用。

2) 司机定位接口。用于接收位置信息,校验位

置信息是否正确,判断列车位置与进站情况,执行结果返回处理成功或处理失败及原因,由手持端调用。

3) 动态展示接口。根据线路号,查询数据库并返回该线路下属的列车位置信息与司机信息,由展示端调用。

4) 绩效查询接口。根据组合查询条件(如时间、人员、班组、线路等),返回对应的绩效统计记录以及对应的详细记录,由面向用户功能端调用。

2.2 外部接口

1) 排班工具接口。接收并处理来自外部不同排班工具生成的数据,由智能排班系统调用。

2) ATS(列车自动监控)系统接口。用于接收来自ATS的实时数据,包括列车车次号、列车实时位置等信息。

3) 列车智能运维系统接口。用于接收列车智能运维系统实时数据,包括列车车载信息、列车基本运行数据、列车关键系统的状态信息等。

3 智乘系统设计

3.1 智能排班子系统

智能排班子系统按照排班目标和约束条件,利用机器学习算法,计算排班的最优解,实现排班输入管理、任务生成及轮转计算、方案可视化及输出、排班结果统计等,其功能模块如图3所示。

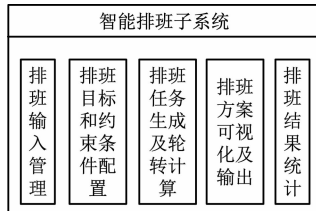


图3 智能排班子系统功能模块

Fig. 3 Function modules of smart scheduling sub-system

1) 排班输入管理模块。支持对所排班线路的线路信息、人员信息、列车运行计划进行管理配置。

2) 排班目标和约束条件配置模块。支持对各类约束条件进行组合与参数配置,对不同组合及其结果分方案进行保存,主要包括计算目标配置、时长类约束配置、乘务驻点配置、轮乘方案配置、轮转模式配置、人员后备及复用配置等。

3) 排班任务生成及轮转计算模块。支持根据导入的运行图和配置的约束条件自动生成符合要求的排班结果,单套运行方案(即一套运行图)的任

务生成用时不超过 3 h。

4) 排班方案可视化及输出模块。支持通过图表展示方案结果,展现形式包括甘特图、之字图等。

5) 排班结果统计模块。根据排班方案结果输出各类统计指标,主要包括人员工时统计、关键指标统计、驾驶里程统计等。

3.2 自动工单算法

通过自动工单子系统,实现列车运行计划管理、乘务作业段划分、乘务作业段分配、排班模板统计等功能。自动工单算法流程如图 4 所示。按照实际线路排班流程和规则设计快速生成自动工单算法,这样即便每次更换运行图,也可实现从列车运行计划到排班模板的自动化编制。

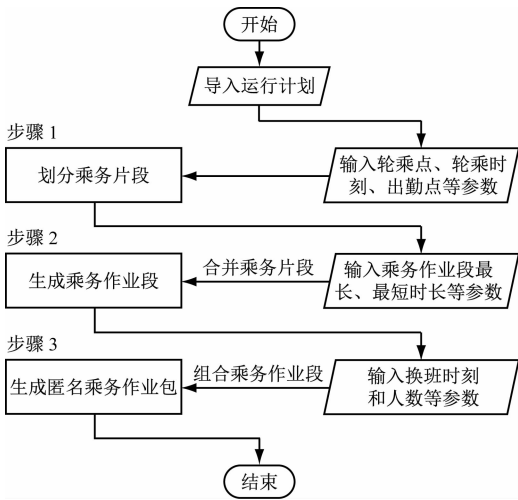


图 4 自动工单算法流程图

Fig. 4 Flow chart of automatic work order generation algorithm

1) 导入运行计划。支持 Excel、XML 等格式的车站时刻表,其中包含当前车站名称、车次、始发站名称、终点站名称、到发时刻、停站时间、停站股道/站台、运行方向等属性。

2) 划分乘务片段。用户输入轮乘点、轮乘时刻、出勤点等参数后,系统以轮乘点、存车点为分界对列车运行轨迹进行分割,得到乘务片段。每条乘务片段的开始时间和开始地点为该列车上一条乘务片段的结束时间和结束地点。

3) 生成乘务作业段。输入乘务作业段最长时长和最短时长后,通过贪心算法将乘务片段合成为乘务作业段,从而使得每条乘务作业段可能包含多条乘务片段。

4) 生成匿名乘务作业包。输入各班组的换班

时刻和人数后,使用优先队列将乘务作业段分配到匿名乘务作业包中,1 个匿名乘务作业包对应 1 位司机全天的所有任务,但不指定该匿名乘务作业包所对应的具体司机。

3.3 线路数据库配置

线路数据主要由线路基础数据、线路辅助数据、设备信息、运行图信息组成,如图 5 所示。线路基础数据包括线路信息、站场信息、站台信息、线段描述等;线路辅助数据包括站边关系、标准路径、里程配置等;设备信息包括站台信标、车辆信标;运行图信息包括运行图索引、运行图详情等。线路数据设计如表 1 所示。

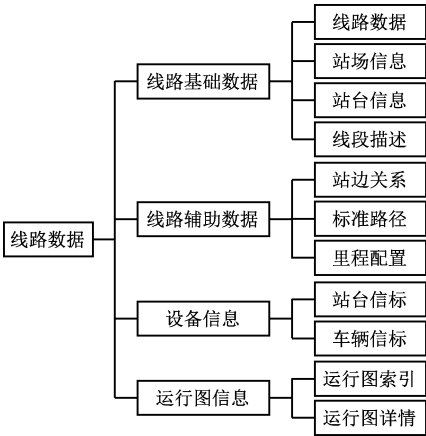


图 5 线路数据分类

Fig. 5 Classification of line data

表 1 线路数据设计表

Tab. 1 Sheet of line data design

序号	字段名	定义	数据类型
1	Line_code	线路编号	varchar
2	Line_name	线路名	varchar
3	Number_of_train	列车总数	int
4	Station_number	站场编号	int
5	Station_name	站场名称	varchar
6	Direction_flag	方向标志	int
7	Position_code	信标位置	int
8	Start_station_num	起始站场编号	int
9	End_station_num	终点站场编号	int
10	Mileage	站间里程	float
⋮	⋮	⋮	⋮

4 智乘系统功能及应用

4.1 手持端

手持端为用户提供两种登录方式:一是点击智

乘系统 App 启动图标,打开“登录界面”,用户可使用工号+密码等传统方式登录系统;二是扫描司机工作证左下角二维码实现快速登录系统。用户成功登录后,点击“开始值乘”实现一键上岗,此时默认为启动“驾驶”工况,若为备车司机,则手动切换为“车内待命”。当处于值乘状态时,手持端将持续扫描车内及车站的定位设备,并在首页显示当前位置。

4.2 面向用户端

面向用户端主要提供系统参数配置、线路数据配置、排班、派班等操作。如在线路数据配置中主要展示列车的起始站和终点站信息、当前站信息、下一站信息,以及列车到站、离站和停站时间等信息。

通过操作自动工单子系统,可自动生成排班模板。选择运行图,导入 S 班(特殊班,负责值乘特定列车)任务,然后分配班组,再分配格子,生成 S 班路牌。

一旦排班表确定后,派班子系统将根据预设的定时任务自动派发任务消息给指定司机。当司机结束当日所有值乘任务后,绩效统计模块会在后台实时生成所有驾驶里程数据,并自动生成报表。

4.3 动态展示端

智乘系统中定位子系统可以实现动态展示、历史定位、里程管理、里程统计、车厢巡视等功能。通过动态展示界面可实时查看司机与列车的实时位置与状态。司机在值乘任务过程中,手持端会把扫描到的定位设备位置上报至智乘系统后台,实现对定位数据的收集,通过历史定位页面可查询历史定位数据。通过里程管理页面可查询司机的每次值乘任务数据记录,并可进行记录的修改、新增、删除等操作,实现对司机的驾驶里程进行管理的功能。通过车厢巡视页面可查询用户在指定时间内的车厢巡视路径数据,并可对该数据进行搜索、新增、修改、删除等基本操作。

4.4 系统应用

智乘系统已在上海轨道交通 10 号线示范应用。通过对近 9 个月的数据进行统计分析(见表 2)发现:可实现 0.5 人·d 内快速生成排班及派班计划,司机排班、派班效率提升近 30 倍。一方面解决了当前人工排班耗时长、难度高、应急服务场景下多职能队伍人员即时调度等难题;另一方面可节省 5% 的工作人员。实现了多维度绩效计算及评估,相比

现有手工报单录入,工作效率提升 10 倍以上。每年可节约纸质报单约 5.2 万张。

表 2 智乘系统应用数据统计分析

Tab. 2 Statistical analysis of smart crew system application data

序号	指标内容	人工模式	智乘系统
1	值乘里程正确率	≈95%	>98%
2	里程统计工作时间	3.5 h	20 min
3	排班时间	14.0 人·d	0.5 人·d
4	行车记录单复核	2.19 万张/年	0
5	出乘、巡检记录单	3 万张/年	0
6	司机生产率	0.591	0.683
7	人车比	5.4	4.5

在 CoMET(国际地铁联盟)定义的乘务管理关键绩效指标方面,司机生产率提升了 15.6%(数值越大,指标表现越好),人车比下降了 16.7%(数值越小,指标表现越好)^[6]。由此可见,应用智乘系统后,上海轨道交通 10 号线的各项指标均已达到“省人、省时、精准、智能”的目标,具有较好的应用和参考价值,下一步将在上海轨道交通路网内推广应用。

5 结语

城市轨道交通智慧乘务综合服务系统是根据生产现场需求,基于贪心算法、优先队列、机器学习等人工智能技术,设计并开发的适用于城市轨道交通运营管理的信息化系统和设备,弥补了乘务管理中的薄弱环节。工程应用表明:该系统提高了司机生产率、降低了人车比,有利于实现乘务管理提质增效;实现了乘务管理业务由传统人工方式向数字化和智能化方向转型。智乘系统将在上海轨道交通运营管理中发挥重要作用。

参考文献

- [1] 中国城市轨道交通协会. 城市轨道交通 2022 年度统计和分析报告[M]. 北京:中国城市轨道交通协会,2023.
China Association of Metros. 2022 urban rail transit annual statistics and analysis report[M]. Beijing: China Association of Metros, 2023.
- [2] 林闯. 大数据思维在地铁乘务技术管理中的应用探析[J]. 交通科技与管理, 2021(15): 13.
LIN Chuang. Application of big data thinking in the technical management of metro crew[J]. Technology and Management of Transportation System, 2021(15): 13.

(下转第 259 页)

的轨道交通中推广应用,信号系统与云平台融合也已成为重要发展趋势。改变传统硬件配置方式后,信号系统硬件配置的通用化水平有了较大提高,从而更有利于实现信号系统接口的标准化,为线网层面信号系统互联互通提供良好基础。本文提出的基于云架构的信号系统建设方案,既不失信号系统作为行车控制系统的高安全性、高可靠性,也为真正实现平台融合、数据整合及资源共享打下了坚实基础。随着云平台技术及信号系统技术的迅速发展,已经出现了智能调度、云联锁等新技术,相信在未来会有更适合于城市轨道交通信号系统的建设方案和智慧化应用。

参考文献

[1] 徐伟,张德明,宋欣. 城轨信号系统云平台 RAM 指标分析[J]. 铁道通信信号, 2021, 57(12): 65.
XU Wei, ZHANG Deming, SONG Xin. RAM analysis on cloud platform for signal system in urban rail transit[J]. Railway Signaling & Communication, 2021, 57(12): 65.

[2] 吕广杰,刘庆良,吴超,等. 城市轨道交通自主可控云平台业务系统迁移探析[J]. 都市快轨交通, 2022, 35(1): 48.
LYU Guangjie, LIU Qingliang, WU Chao, et al. Business system migration for the independent controllable cloud platform of urban rail transit[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2022, 35(1): 48.

[3] 冷勇林,付胜华,付芙蓉. 城市轨道交通信号系统设备精简

(上接第 250 页)

[2] 李定南. 国内外悬挂式单轨列车的发展与展望[J]. 国外铁道车辆, 2017, 54(3): 1.
LI Dingnan. Development and prospects of the suspended monorail train in China and abroad[J]. Foreign Rolling Stock, 2017, 54(3): 1.

(上接第 254 页)

[3] 王英,辛继伟,陈海建,等. 地铁乘务管理体系标准化探讨[J]. 都市快轨交通, 2013, 26(3): 62.
WANG Ying, XIN Jiwei, CHEN Haijian, et al. Discussion on standardization of metro crew service management[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2013, 26(3): 62.

[4] 高麒,王子伟. 城市轨道交通全自动运行线路乘务派班方案优化设计[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(增刊 2): 9.
GAO Qi, WANG Ziwei. Optimum design of crew assignment scheme for fully automatic operating line[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(S2): 9.

[5] 刘中举,朱孟雯. 城市轨道交通乘务派班管理系统设计与实现[J]. 铁路计算机应用, 2016, 25(5): 57.
LIU Zhongju, ZHU Mengwen. Crew dispatching management sys-

tem for urban rail transit[J]. Railway Computer Application, 2016, 25(5): 57.

[6] 张琦. 城市轨道交通乘务管理与驾驶员配属关系研究[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(5): 59.
ZHANG Qi. Relationship between crew team management and staffing in urban rail transit[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(5): 59.

化及云架构探究[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(11): 134.
LENG Yonglin, FU Shenghua, FU Fangrong. Research on equipment simplification and cloud construction of urban rail transit signal system[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(11): 134.

[4] 沈冬冬,景顺利. 基于城轨云平台的都市圈智能调度系统设计[J]. 无线互联科技, 2023, 2(3): 17.
SHEN Dongdong, JING Shunli. Design of intelligent dispatching system for metropolitan area based on urban rail cloud platform[J]. Wireless Internet Technology, 2023, 2(3): 17.

[5] 丁军,王开强. 基于云平台的下一代信号系统[J]. 城市轨道交通, 2022(3): 58.
DING Jun, WANG Kaiqiang. Next generation signaling system based on cloud platform[J]. China Metros, 2022(3): 58.

[6] 赵振杰,郭建伟,刘海川,等. 基于城轨云的全自动运行系统设计与实践[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(10): 213.
ZHAO Zhenjie, GUO Jianwei, LIU Haichuan, et al. Design and practice of fully automatic operation system based on urban rail cloud[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(10): 213.

· 收稿日期:2023-04-20 修回日期:2023-07-28 出版日期:2024-02-10
Received:2023-04-20 Revised:2023-07-28 Published:2024-02-10

· 第一作者:刘敏杰,高级工程师,lmj83695150@126.com
通信作者:吴刚,高级工程师,wugang-zh@ gmdi.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

· 收稿日期:2022-11-08 修回日期:2023-03-02 出版日期:2024-02-10
Received:2022-11-08 Revised:2023-03-02 Published:2024-02-10

· 通信作者:朱舟,高级工程师,zhuzhou1983927@163.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

tem for urban rail transit[J]. Railway Computer Application, 2016, 25(5): 57.

[6] 张琦. 城市轨道交通乘务管理与驾驶员配属关系研究[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(5): 59.
ZHANG Qi. Relationship between crew team management and staffing in urban rail transit[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(5): 59.

· 收稿日期:2023-03-22 修回日期:2023-07-20 出版日期:2024-02-10
Received:2023-03-22 Revised:2023-07-20 Published:2024-02-10

· 通信作者:万勇兵,高级工程师,wybingsh@163.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license