

# 高铁场景下意图驱动的网络

Research on Intent Driven Network Intelligent  
Operations in High-speed Rail Scenario

## 智能运营研究

王晓刚<sup>1</sup>,郭严伟<sup>1</sup>,柴景申<sup>1</sup>,王波<sup>2</sup>,赵娜<sup>3</sup>,贾海蓉<sup>4</sup>[1. 中国联通山西分公司,山西太原 030006;2. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033;3. 京信通信技术(广州)有限公司,广东广州 510663;4. 太原理工大学,山西太原 030002]

Wang Xiaogang<sup>1</sup>,Guo Yanwei<sup>1</sup>,Chai Jingshen<sup>1</sup>,Wang Bo<sup>2</sup>,Zhao Na<sup>3</sup>,Jia Hairong<sup>4</sup>[1. China Unicom Shanxi Branch,Taiyuan 030006,China;2. China United Network Communications Group Co.,Ltd.,Beijing 100033,China;3. Jingxin Communication Technology (Guangzhou) Co.,Ltd.,Guangzhou 510663,China;4. Taiyuan University of Technology,Taiyuan 030002,China]

### 摘要:

随着4G/5G网络的深入应用,高铁移动网络的用网体验成为人们持续关注的焦点。对高铁场景下意图驱动的网络智能运营进行了研究。充分利用大数据和AI技术等新质生产力技术,采用高铁车体移动指纹分析、切换序列判定等算法精准识别高铁用户,采用时序覆盖特征分析、频繁项挖掘算法等技术准确识别高铁路网覆盖情况,并以此为基础构建出高铁质差用户和小区的“评估-定位-闭环处理-效果验证”端到端闭环处理流程。

### 关键词:

大数据;智能化;自动化;高铁感知;高铁移动网络  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.05.002  
文章编号:1007-3043(2024)05-0008-06  
中图分类号:TN929.5  
文献标识码:A  
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

With the deepening application of 4G/5G networks, the user experience of high-speed rail mobile networks has become a continuous focus of attention. It studies intention driven network intelligent operation in high-speed rail scenarios, which fully utilizes new productivity technologies such as big data and AI, and uses algorithms such as high-speed rail vehicle movement fingerprint analysis and switching sequence judgment to accurately identify high-speed rail users. It also uses technologies such as time-series coverage feature analysis and frequent item mining to accurately identify the coverage of high-speed rail networks. Based on this, it constructs an end-to-end closed-loop processing process of "evaluation-positioning-closed loop processing-effect verification" for low-quality high-speed rail users and communities.

### Keywords:

Big data; Intelligence; Automation; High-speed rail perception; High-speed mobile network

引用格式:王晓刚,郭严伟,柴景申,等. 高铁场景下意图驱动的网络智能运营研究[J]. 邮电设计技术,2024(5):8-13.

## 1 概述

高铁作为一种交通工具,具有安全、方便、快捷等优势,已逐渐成为人们商务、旅游、探亲的首选交通工具。如何保障高铁大规模的4G/5G用户在高铁上的用网体验和感知,成为高铁移动网络运营管理和技术上的难点。传统的高铁测试主要依靠人工进行高铁路测、分析以及处理后的闭环验证,不仅耗费大量时间、人力,而且发现的问题也非常有限,也无法达到预期

的网络提升效果,无法满足网络优化的需要和提升业务体验的更高要求,比如单一路测结果无法与大量用户的实际体验匹配,VIP用户投诉的问题无法回溯等。

本文基于特有的智能算法,采用数据流自动化启动的方式进行高铁移动网络的问题自主发现识别和自动闭环验证。首先在大数据采集的高铁用户信令的基础上识别出高铁用户,接着基于终端大数据和无线Trace大数据,关联评估高铁移网网络路网识别,然后综合各类数据,利用人工智能,通过深度学习算法自动分析高铁移网覆盖、干扰、容量、切换等各方面存在的隐患和问题,然后通过定位分析系统分析出问题

收稿日期:2024-04-02

可能根因和解决思路,再流转给工单系统派单处理,接到工单闭环后,自动化进行闭环效果分析验证。全过程由系统自主监控流转,在极大地提升了高铁移动网络运营效率的同时,也更好地提升了用户的用网体验和感知。

## 2 高铁用户识别

### 2.1 数据采集

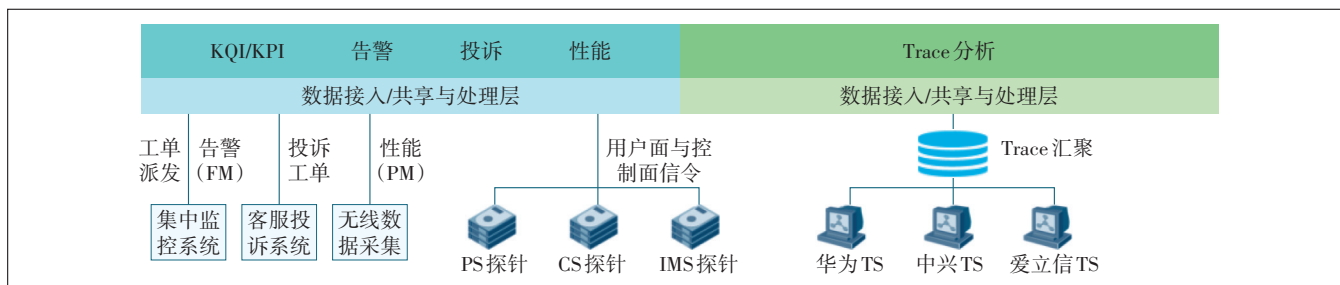


图1 高铁智能化感知分析平台数据采集方案

识别出速度大于阈值(160 km/h)的用户,判断为高铁用户。

处理算法如图2所示。

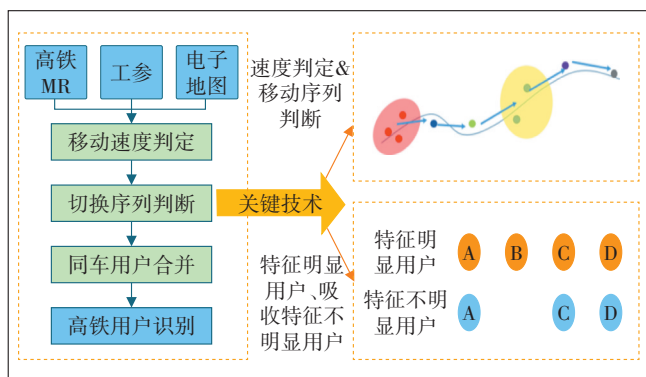


图2 高铁用户识别算法原理

主要包括如下几个步骤。

a) 车体移动特征指纹判定。根据不同的车体情况进行建模,计算基站小区之间的距离,根据高铁用户途经各个基站小区的驻留时长、车体穿损、移动速率,利用大数据算法构建车体移动特征指纹库,通过距离和驻留时长计算车体的移动速度。

b) 高铁用户切换序列判定。根据基站物理位置、移动速度、车次信息,智能化综合判断用户的切换顺序,判断用户在高铁车体移动过程中的切换小区序列和行车位移方向。

c) 高铁用户识别。根据移动速度及切换序列,以

对告警、性能、KQI、KPI、投诉、Trace等多维度多类型的异构数据源进行采集,将其作为高铁智能化感知分析引擎和分析平台的基础输入(见图1)。

### 2.2 用户识别

高铁用户识别主要包括如下2个步骤。

第1步:过滤高铁小区MR,根据高铁工参进行MR筛选。

第2步:根据几何定位智能化算法计算移动速度。

及智能化算法和指纹库,首先判断出移动速率、切换序列等高速移动特征明显的高铁用户,再根据同车用户,判断出特征不明显用户。

d) 同车用户分析。对具有相同高速移动特征的用户进行聚类挖掘,识别出具有相同特征的批次用户,结合短时间内切换事件、切换序列特性,将相同特征用户判定为同车高铁用户。

## 3 高铁路网识别

### 3.1 识别步骤

高铁定位的目的是通过智能化算法在高铁用户识别的基础上,对高铁用户位移的经纬度进行汇聚和纠偏,将其位置拟合到高铁路网(见图3)。其识别和定位的基本流程如下。

a) 列车状态识别。根据识别的用户行进方向与车次规定方向比较,判断列车真正的移动方向,再根据高铁站车次的距离及速度变化规律,智能化识别评估出不同时间段的运行速度。

b) 基础锚定点选择。根据无线Trace/MR数据,使用智能化特征识别算法找出高置信度Trace数据,作为位置定位的基础锚定点。例如,分析切换事件Trace分析时,如果根据算法分析结果可得到切出和切入小区,则将时刻Trace定位至切换带中心位置(见图4)。

c) 路网信息插值选择。以高置信度Trace数据构

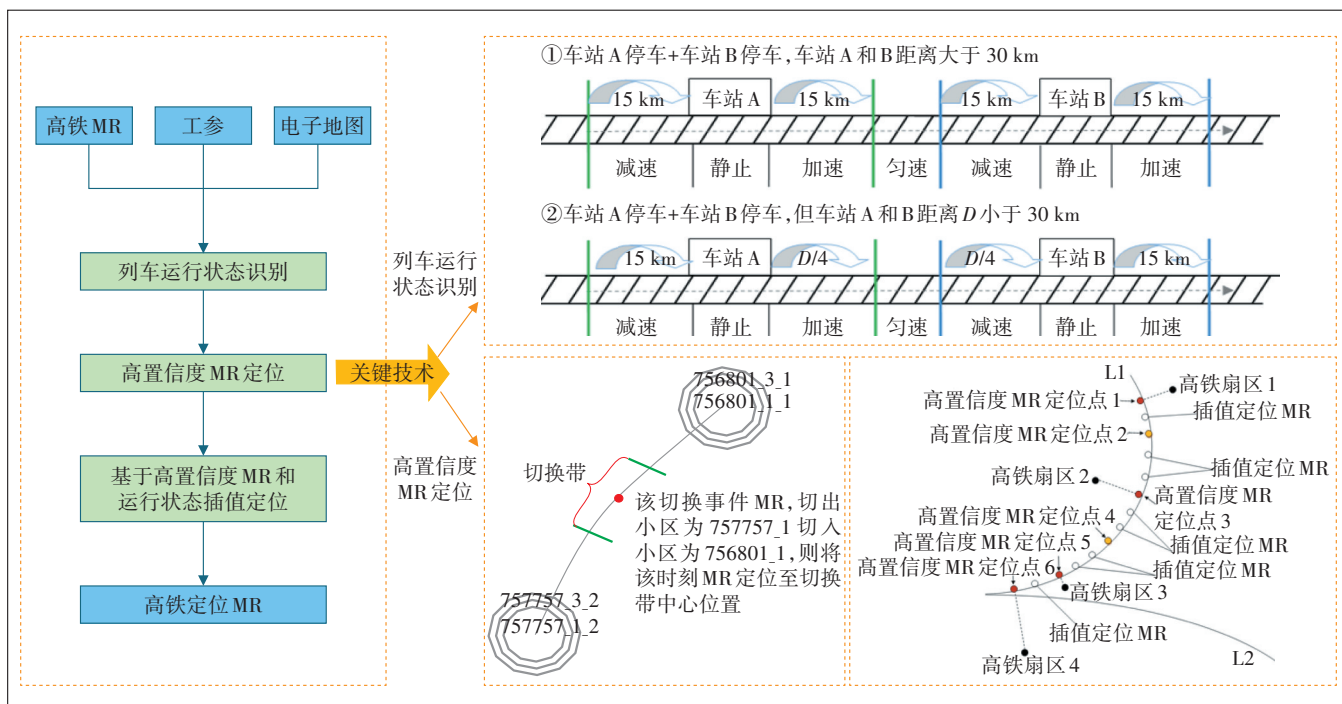


图3 高铁路网识别定位算法原理

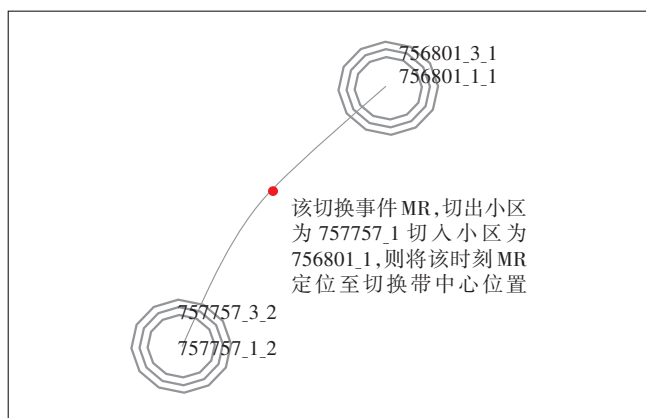


图4 高铁路网切换定位算法原理

建基础定位点特征库, 再根据列车状态等信息, 将发生在2个高置信度Trace中间的其他Trace插值定位到高铁线路中(见图5)。

### 3.2 识别算法

基于对高铁用户的时序特征提取, 采用高铁移网的智能化时序定位模型, 实现高铁路网的准确定位

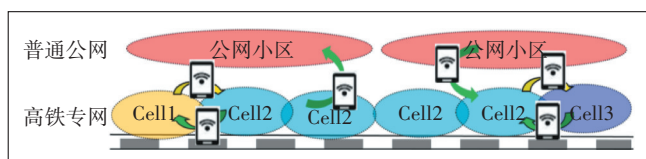


图5 高铁路网差值拟合分析过程

(见图6)。主要步骤如下。

- 提取高铁一段时间内的{无线Trace/MR; 工参; 用户; 车次; FM; 列车状态; Trace基础锚定点; 路网信息插值}等数据作为评估输入。
- 根据无线Trace/MR、用户等数据提取覆盖高铁线路的无线信号的时序覆盖特征。
- 根据覆盖特征使用二分图最大权值匹配算法构建高铁路网时序覆盖分析特征库, 采用决策算法对特征库进行训练。
- 根据高铁时序覆盖特征库、工参、车次、列车状态、用户等信息, 利用FB-Growth频繁项挖掘算法进行用户行进轨迹的预测。
- 根据用户轨迹、时序覆盖特征库、Trace基础锚定点、工参等进行高铁线路位置定位。
- 根据无线Trace/MR, 结合时序覆盖特征库、工参、FM、路网信息插值等信息输出高铁路网覆盖识别结果。

## 4 高铁问题评估与根因定位

### 4.1 根因定位

通过移网大数据进行数据采集, 然后对质差用户、质差小区进行分析, 并利用Attention注意力深度学习算法对KQI、FM等各项指标进行分析和感知评估,

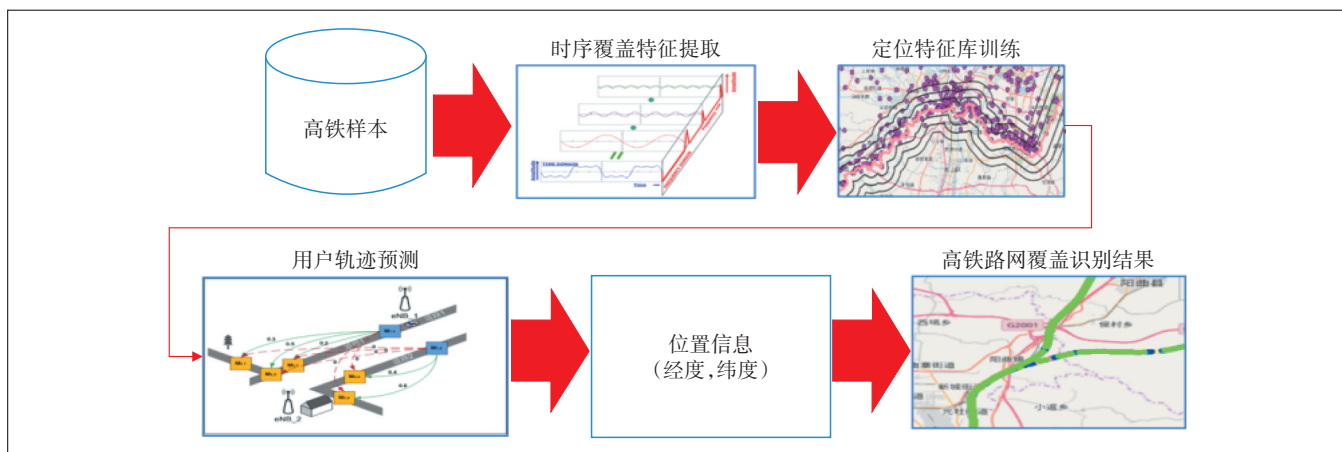


图6 高铁路网按时序定位分析算法原理

接着对质差小区采用频繁项挖掘算法进行感知预判处理,最后对质差小区进行闭环处理和结果验证(见图7)。主要步骤如下。

- a) 采集数据源。
- b) 几何定位智能化算法和特征库,区分高铁用户和高铁路网信息。
- c) 综合各类数据源和高铁用户、路网特征,构建特征模型,使用 Attention 注意力算法分析处理质差小区。
- d) 将告警、性能、Trace 数据、无线小区邻区、高铁工参、高铁投诉等作为输入,采用 FB-Growth 频繁项挖掘算法进行质差定位。
- e) 定位输出告警问题、覆盖问题、容量问题、下行质差问题、上行干扰问题等 5 个大类 22 个小类的问题

(见图8)。

以 NR 3.5 GHz 高铁沿线覆盖为例,由于 3.5 GHz 频段高,链路损耗是 NR 2.1 GHz 的 1.5 倍以上;信号进入到列车内的穿透损耗也显著增大,复兴号 400BF 高铁列车在 3.5 GHz 频段下的穿透损耗达到 35 dB 以上;同时,由于高铁安全运营的需要,基站与高铁覆盖线路有一定的保护距离,天线覆盖波束在进入列车时存在一定入射角,根据电磁波的传输理论,天线入射角小于  $10^\circ$  时,入射穿透损耗会快速增加。因此,5G 高铁覆盖及运营面临巨大挑战。

基于意图驱动的高铁场景智能运营,可以将告警、性能、Trace 数据、无线小区邻区、高铁工参、高铁投诉等作为输入,利用 KQI、FM 等各项指标进行分析和感知评估,定位高铁覆盖线路上的质差小区,定位质

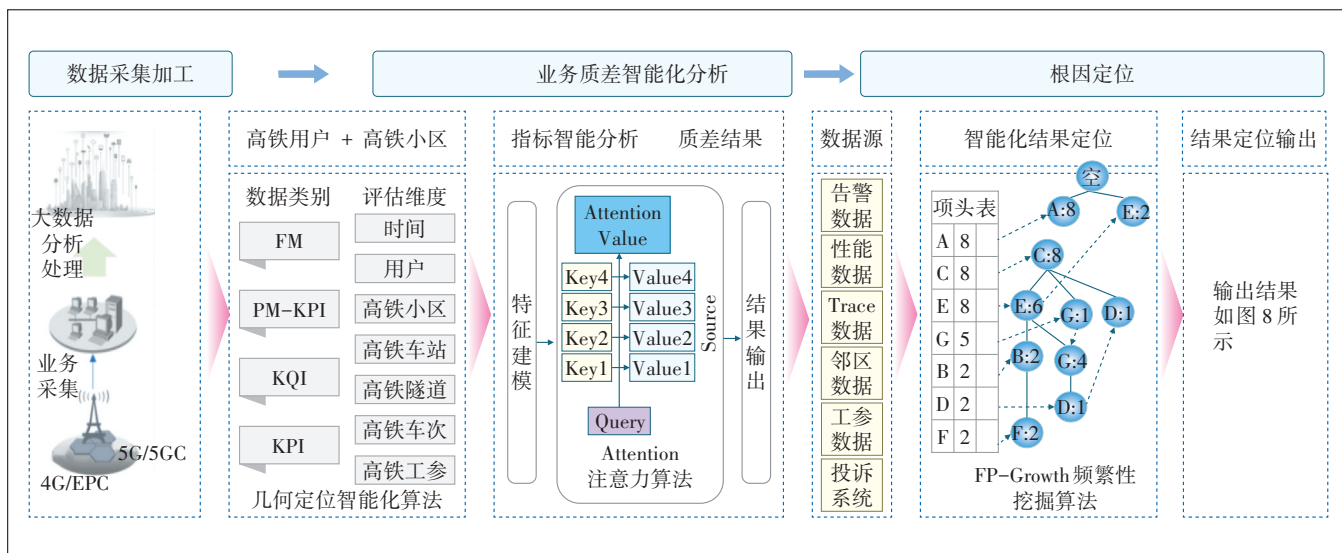
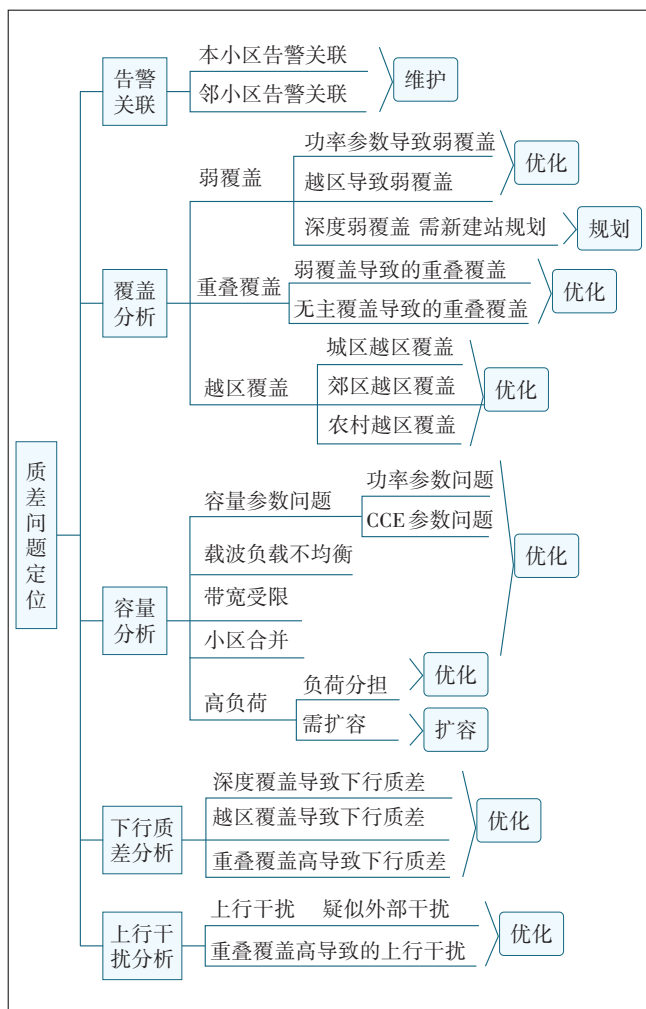


图7 高铁移网问题分析定位过程



差问题。如定位为弱覆盖问题,可以基于现网天线能力和工参数据等,进一步细分现网工参数据设置是否合理,如不合理,自动计算工参优化目标,并基于此工参进行优化,如优化后弱覆盖问题得以改善,则可以将工参数据作为意图驱动的高铁网络弱覆盖基础数据,为后续弱覆盖工参判定提供依据,实现工参的智能化管理;如现网工参数据设置合理,则需要进一步定位弱覆盖的原因,如定位为远点覆盖能力不足,则需要更换高增益天线或加密基站;如定位为近点覆盖能力不足,则需要更换宽波束天线;如高铁线路整体存在弱覆盖,可采用加大基站发射功率或更换宽波束高增益高效率天线,以对抗链路损耗、列车穿透损耗等,提升高铁线路整体的信号电平。

#### 4.2 结果输出

对定位结果为质差的小区进行分拣,作为后续下派工单处理的输入。

主要步骤如下。

a) 根据规则自动分拣(见表1)。

表1 高铁移网问题自动分拣分类

大类	小类	解决方案
容量	容量问题	容量优化
	负载不均衡	载波间负载均衡
	小区合并	小区拆分
覆盖	过覆盖	过覆盖优化
	弱覆盖	弱覆盖优化
	重叠覆盖	重叠覆盖优化
下行质差	下行质差	弱覆盖质差优化
		过覆盖质差优化
		重叠覆盖质差优化
上行干扰	外部干扰	干扰排查
	系统内干扰	重叠覆盖导致的干扰

b) 输出需要下派地(市)的分拣结果。

c) 对发现的问题以工单方式,自动下派地(市),驱动问题的闭环处理。

## 5 高铁问题闭环效果验证

### 5.1 自动流转过程

对发现的问题,通过工单流转引擎驱动工单的下派→转发→闭环→验证等多个环节的工作,采用完全自动自制自检的方式进行处理(见图9)。主要步骤如下。

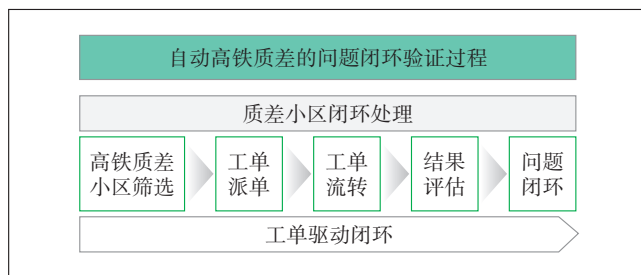


图9 高铁移网问题自动闭环验证过程

a) 工单自动下派。对发现的问题采用自动化工单流程,直接派到地(市)高铁小区问题处理责任人直接处理。

b) 工单闭环处理。采用线上跟踪的方式,对工单进行持续跟踪。工单处理过程中工单责任人可以进行工单的转派、延期等动作,处理完成后则提交处理结果。

### 5.2 闭环效果验证

采用智能检查算法进行质差指标闭环验证(见图10)。

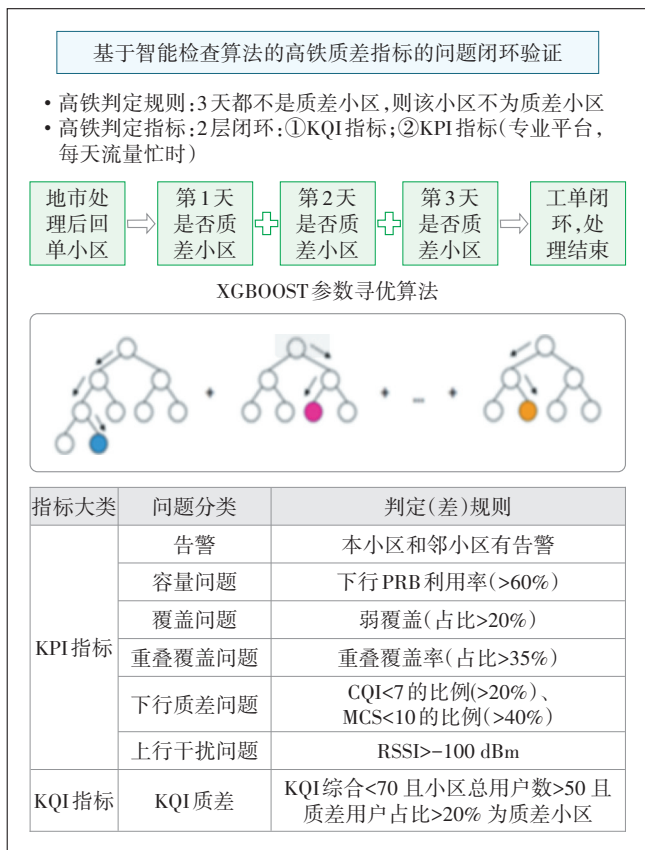


图10 高铁移动网络问题闭环验证过程

主要步骤如下。

a) 获取回单数据。

b) 根据判定规则采用XGBoost参数寻优算法,对KPI、KQI的多个参数进行判定。

c) 质差判定规则:如果3天都不是质差小区,则判定该小区不为质差小区。

d) 判定结果为非质差小区的直接关系,则返回质差小区处理人继续处理。

## 6 结束语

本文结合基于大数据的智能算法在生产实践中的实际应用,有效说明在高铁场景下对各类异构大数据的综合加工处理可以落到实处。通过实际运营验证,证明了所提方案和算法的有效性和优越性。未来,将进一步研究意图驱动网络在高铁场景下的优化算法和策略,以提升网络运营的智能化水平。同时,后续也需关注5G技术在高铁场景下的其他应用,如语音感知优化、视频感知提升等,为高铁用户提供更好

的用网服务。

## 参考文献:

- [1] 原振升,张宏辉,彭中峰. 高铁用户感知保障的探索与研究[C]// 2019广东通信青年论坛优秀论文专刊. 广州:《移动通信》编辑部,2019:6.
- [2] 钱恺逸. 高铁接触网故障数据关联规则挖掘与分析[J]. 成都:西南交通大学,2020.
- [3] 周斌,徐文胜. 动车组故障诊断知识挖掘中改进的并行频繁模式增长算法[J]. 计算机集成制造技术,2016,22(10):2450-2457.
- [4] 邴雅坤,李源,丁郁,等. 意图感知网络助力物联网发展[J]. 物联网技术,2022,12(6):132-136.
- [5] 何冠霖. 高速铁路接触网数据仓库的设计与实现[D]. 成都:西南交通大学,2019.
- [6] 欧阳杰. 5G网络技术特点分析及无线网络规划的研究[J]. 电子世界,2018(16):91,93.
- [7] 刘辉. 中国高速铁路的创新与发展[J]. 领导科学论坛,2018(12):42-62.
- [8] 程宏波,何正友,胡海涛,等. 高铁接触网健康状态的熵权多信息综合评估[J]. 铁道学报,2014,36(3):19-24.
- [9] 杨勇,王伟. 一种基于Map-Reduce的并行FP-growth算法[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版),2013,25(5):651-657,670.
- [10] 杜彝,闫松. 基于业务感知投影的高铁线路评估方法研究与实践[J]. 电信工程技术与标准化,2022,35(3):58-62.
- [11] 叶树祥. 基于XDR大数据的高铁用户精准识别算法[J]. 信息通信,2018(6):226-227.
- [12] 黄鹏声,冉金也,罗静,等. 基于XDR数据分析的OTT视频服务感知质量评估方法[J]. 计算机研究与发展,2021,58(2):418-426.
- [13] 郑颖航,钟其柱,罗耀满. 基于XDR分析互联网业务质量的方案[J]. 电信快报,2017(7):16-19.
- [14] 刘韬,吴涛,王斌. XDR与MR数据关联与应用[J]. 电信科学,2019,35(4):120-130.
- [15] 潘雨帆,史磊,周宏宇,等. 基于LSTM-Attention的高速铁路司机警觉度预测[J]. 铁道学报,2023,45(11):29-37.
- [16] 孙善球,冯毅,林学进,等. 基于高铁场景的新型基站天线覆盖方案研究与应用[J]. 电信技术,2019(1):68-71.
- [17] 卜斌龙,林学进,孙全有. 5G宏网天线覆盖解决方案及现网融合技术[J]. 移动通信,2019,43(4):21-24,42.

### 作者简介:

王晓刚,毕业于南京邮电大学,正高级工程师,硕士,主要从事移动网络优化、NB-5G新技术领域应用和推广工作;郭严伟,毕业于河海大学,工程师,学士,主要从事网络运营保障研究和管理;柴景申,毕业于山西大学,工程师,学士,主要从事4G/5G网络共建共享管理工作;王波,毕业于北京邮电大学,正高级工程师,博士,主要从事无线网络解决方案、网络新技术研究,网络智慧运行分析等工作;赵娜,毕业于西安邮电大学,工程师,学士,主要研究方向为移动通信系统天馈产品的应用研究、产品规划等;贾海蓉,毕业于太原理工大学,CCF专业会员,教授,博士,主要研究方向5G能耗管控、人工智能、语音处理等。