文章编号：2097-5899(2026)04-0017-08　**中图分类号**：U2-9　**文献标识码**：A
DOI：10.16669/j.cnki.issn.2097-5899.20250307002
引用格式：吴志伟，滕雪鸥，陈立明，等. 面向铁路物流领域的审计数字化探索研究[J]. 铁路物流，2026，44(4)：17-24.
WU Zhiwei，TENG Xueou，CHEN Liming，et al. Exploration and Research on Audit Digitalization in Railway Logistics Field[J]. Railway Logistics，2026，44(4)：17-24.

面向铁路物流领域的审计数字化探索研究

吴志伟[1,2]，滕雪鸥[1]，陈立明[1]，梁　娜[3]

(1. 中国国家铁路集团有限公司 审计局，北京　100844；2. 中国铁道科学研究院集团有限公司 电子计算技术研究所，北京　100081；3. 国家铁路局 安全技术中心，北京　100844)

摘　要：铁路审计数字化建设在提升审计工作效率、实现审计全覆盖、护航铁路企业高质量发展等方面具有重要作用。随着铁路物流的现代化发展，作业效率与数据量同步提升，对物流领域审计工作提出了更高要求，推动审计数字化发展变得愈发迫切。在分析铁路物流与审计现状的基础上，探讨铁路审计数字化发展的必要性和物流领域审计数字化发展面临的问题，设计铁路物流领域审计管理信息系统数字化架构，研究数据采集和清洗技术、审计模型描述方法、基于RPA的审计监控预警模型构建和预警等级生成方法等关键技术，并以换票运输问题为例，研究审计模型描述方法和预警等级生成方法的应用过程，验证方法的可用性，为铁路审计数字化的发展提供实践参考。

关键词：铁路审计；铁路物流；审计数字化；数据采集和清洗；审计模型描述；审计监控预警

0　引言

铁路审计作为内部监督的重要手段，对于优化管理效能、保障资金安全、提高运营效益及改进运输生产等发挥着重要作用。鉴于铁路内部审计的特殊属性，其数字化发展需要同步考虑自身数字化转型需求与铁路其他专业领域数字化发展情况，这种双重适配性导致铁路内部审计数字化建设的复杂性[1]。铁路物流作为铁路业务体系中的核心板块，其信息化和数字化发展具有典型示范效应，面向铁路物流领域的审计数字化探索，有助于铁路审计数字化发展。在铁路审计和数字化领域，众多专家学者投入大量精力进行研究，包括深入分析铁路信息化、数字化、智能化的关系来探索发展路径[2]，通过新一代铁路审计管理信息系统设计来提升审计信息化水平[3]、通过铁路人工智能审计平台设计从人工智能角度为铁路审计提供解决方案[4]等，尽管这些研究成果与实际业务场景仍存在一定差距，但为铁路审计数字化发展奠定了重要的理论和实践基础。

铁路运输业务覆盖全国，各作业链条与作业环节持续产生海量数据。随着各业务领域的数字化发展，数据规模增长迅速，如何高效筛查海量数据中的异常疑点，成为审计人员面临的核心挑战。传统审计模式依赖人工抽样检查，在应对铁路行业海量且复杂的业务与财务数据时，不仅效率低下，还容易遗漏关键风险点。相比之下，数字化审计能够高效处理全量数据，有效解决传统审计数据处理能力不足、覆盖面有限等问题，对于降低审计人员工作强度、提升审计质效、拓展审计监督的广度和深度具有重要作用。审计工作中常涉及跨系统的关联分析，多类型资料和庞大业务系统的整合，导致数据整理耗费大量时间。随着铁路各业务领域的数字化发展，审计亟需从“事后审计”向“事前审计”转变，以便及时揭示问题、填补系统漏洞，从而减少甚至避免损失。为提升审计质量，满

收稿日期：2025-03-07　**修订日期**：2026-01-06
通信作者：吴志伟(1990—)，男，河北石家庄人，中国铁道科学研究院集团有限公司电子计算技术研究所高级工程师。
基金项目：中国铁道科学研究院集团有限公司科研项目(2024YJ218)；中国铁道科学研究院集团有限公司电子计算技术研究所科研项目(DZYF24-21)

足审计工作发展的需要，为铁路高质量发展保驾护航，提升铁路审计数字化能力已迫在眉睫。

本研究以铁路审计管理信息系统在铁路货物运输领域审计的数字化改进为研究依据，首先梳理审计系统与货运领域的现状及存在的问题，在此基础上构建审计管理信息系统的数字化架构，并聚焦审计数字化关键技术开展深入分析，旨在打通铁路审计数字化发展进程中的一些痛点，为未来审计系统在全业务领域的推广实施探索可复制的实践经验。

1　铁路物流领域审计数字化发展的现状与问题

1.1　铁路审计数字化现状

铁路内部审计工作既要对财务收支和经济活动实施监督，还要把控内部控制和风险管理。为满足中国国家铁路集团有限公司审计局、审计特派办及各铁路局集团公司审计部门的业务需求，2017年审计管理信息系统正式推广应用，显著提升了铁路审计信息化水平。2025年，审计管理信息系统2.0(以下简称“审计信息系统”)上线运行，通过整合分散应用并实施集中部署，实现了审计全生命周期的线上管理，推动铁路审计工作向“总体分析、发现疑点、分散核实、系统研究”的数字化审计模式转变。审计信息系统定期接入铁路财务、运输收入、货运、物资等核心业务数据，后期将持续扩展数据接入范围，为全路审计人员提供全链路数据支撑服务。

结合审计信息系统的推广应用，自然语言大模型、可视化工具、光学字符识别(OCR)等数字化技术逐步引入审计实践。然而，在应用场景探索、技术工具与审计业务融合、铁路审计数字化认识深化等方面，仍处于初级阶段，亟需系统性探索与突破。

1.2　铁路物流领域数字化现状

自2017年实施铁路货运票据电子化工程以来，铁路物流领域陆续实施多项重点工程，逐步构建起以铁路货运生产作业与管控平台(以下简称“货运管控平台”)[5]和铁路95306系统[6]为核心的物流系统发展框架。通过多年发展，当前在货运场站数据采集、货运装卸设备与系统联动、货场作业数字孪生跟踪推演等方面均有了一定的探索成果，在集装化用具自动运输、装卸方面也有了较大发展[7]。伴随着线上线下作业深度融合、票据信息结构化存储、大量线下作业数据存储、货物和运输资源的全生命周期管理，当前在作业采集数据量、业务流程链条信息、作业数据精细程度上都有了较大发展[8-9]。从审计视角看，铁路物流业务在运输体系中占有重要地位，其信息化发展水平已具备数据化分析基础，且因其业务资源密集、资金富集，更需通过数字化技术赋能审计效能提升。

1.3　铁路物流领域审计数字化发展面临的问题

(1) 数据整合与标准化瓶颈亟待突破。铁路物流领域数字化发展虽已取得了较大成效，但一定程度上依然存在数据孤岛、数据格式不统一等问题，尤其在处理非结构化和半结构化数据时，缺乏统一的数据治理框架，这是阻碍审计数字化发展的首要问题。

(2) 审计知识管理体系尚未形成。铁路物流审计具有业务链条长、专业领域广的特点，审计人员难以长期专注于单一业务模块的审计，如何系统性地沉淀审计经验并实现跨团队的共享复用，构建可迭代的审计知识图谱，已成为提升审计效能的关键课题。

(3) 智能预警机制建设迫在眉睫。铁路物流作业具有持续运转特性，如何建立基于实时数据流的动态预警体系，实现从“问题发现”到“风险拦截”的闭环管理是一个值得研究的课题。

2　铁路物流领域审计数字化架构

2.1　系统架构

铁路物流领域审计针对物流的全过程，其历史数据和增量数据的汇聚和存储是审计的基础，结合大模型的自然语言处理和OCR识别加工对非结构化数据的处理，以及审计工作的可视化工具和智能机器人等，构建铁路物流领域审计数字化系统架构如图1所示。铁路物流领域审计数字化系统架构共包含4层。底层是数据资源层，主要包括货票数据、调送单数据、票据电子化数据、运条数据、货运管控平台数据、铁路95306需求单数据等结构化数据，以及发票、报告、通知、公文等非结构化数据。第2层是数据存储层，包括审计原始库、审计加工大数据库、审计业务库和文件存储库。该层通过批量数据传输、实时数据传输、数据文件抓取、接口调用、数据导入和文件扫描等方式，从数据资源层提取数据。非结构化数据存入文件存储库，结构化数据统一录入审计原始库，再经过加工处理后，对需要数据进入审计加工大数据库。审计业务数据进入审计业务库和文件存储库。第3层是功能基座层，主要通过调用和操作数据存储层数据为顶层提供统一功能，主要包括数据清洗、规章制度分析、文本相似度对比、文本查重、结构文件提取、自然语言处理、OCR识别加工、网络爬虫、智能机器人、数据挖掘工

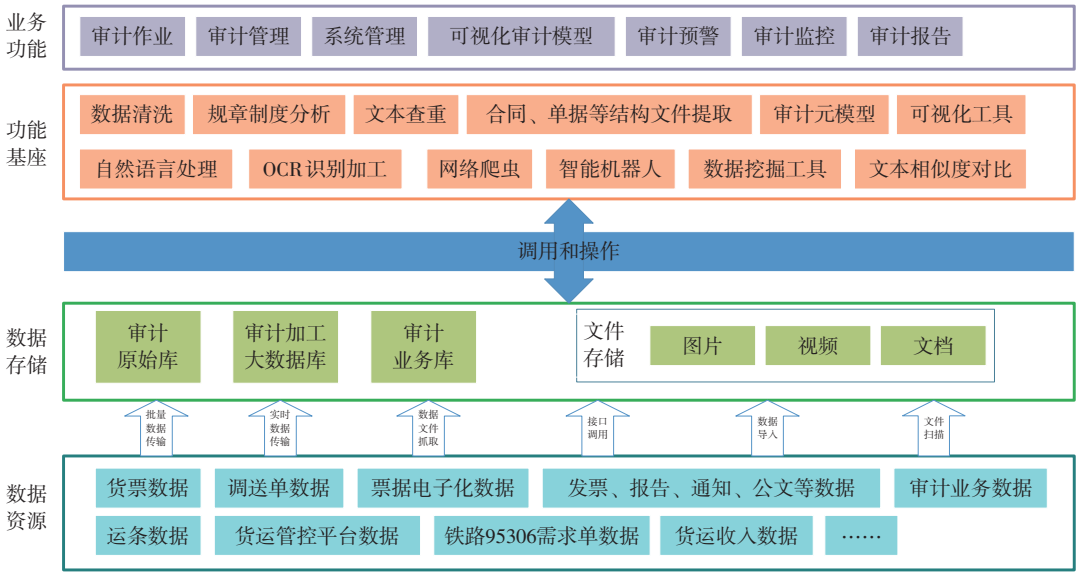


图1　铁路物流领域审计数字化系统架构

Fig.1　System architecture of audit digitalization in railway logistics field

具、可视化工具等。最顶层是业务功能层，通过功能基座层提供功能，实现审计作业、审计管理、系统管理、可视化审计模型、审计预警、审计监控和审计报告等功能。

数字化的基础是数据的采集和清洗，对于铁路审计来说更是如此。审计获取的数据来源众多、格式多样。甚至同一作业领域的系统也可能存在多种历史版本，导致数据的一致性很难保证，数据接入很难通过一种方式实现。由此，亟需对数据采集和清洗技术进行研究。

（1）多种方式的结构化数据处理。结构化数据主要来源是业务系统的数据库，对于需要长期采集的数据，主要方式包括服务接口、统一共享平台、消息队列等方式定时导入。有一部分为了审计工作临时获取的数据，可以通过文件的方式获取。根据获取到的文件自动创建数据表结构，并将数据存入表中。如果文件中数据量较大，使用抽取、转换、装载(ETL)[10]工具，加快数据导入效率。

（2）基于OCR等技术的非结构化数据处理。非结构化数据主要是文本、图片等格式，如规章制度文件、手写收据、运单图片等。为了将非结构化数据进行采集和清洗，首先通过OCR技术将图片和非文本文件识别为文本[11-12]。在此基础上，通过分词的方式对文本进行拆分，形成一些词语的频率记录。通过关键词提取技术[13]，获取文本中的一些关键信息，构成非结构化数据的关键标签进行存储。

（3）可自定义的数据清洗工具箱。在数据清洗中，存在各种数据清洗规则，由此，设计了可自定义的数据清洗工具箱，在提供数据清洗规则可扩展性的基础上，可以将数据清洗规则进行保存。现有提供的数据清洗规则，主要包括统一大小写、前后空格删除、获取前后固定长度字符、模式匹配、转数字、转日期、转字符串、依据字典转编码等。

（4）机器人流程自动化(RPA)技术。在数据采集和清洗过程中，存在从多个文档或者系统中抽取数据然后汇总成一个数据集等情况。人工方式处理，工作量大、数据质量差。通过RPA技术，将固定流程、操作量大的工作交由程序自动处理，极大简化审计人员工作，提升数据采集和数据清洗效率[14-15]。

2.2　数据架构

铁路物流领域审计数字化数据架构如图2所示，由数据汇聚、数据加工、数据提供、数据分析预警、数据服务构成。其中，数据汇聚层主要实现数据的采集和汇聚，以及非结构化数据提取，主要包括结构化数据汇聚、文本数据提取、单据凭证电报数据整理、法规数据整理和流数据整理；数据加工层包括数据清洗关联抽查、数据转储、图像识别、标签加工；数据提供层包括统一视图、元模型、标签、指标、法规和票据信息；数据分析预警层包括复杂模型构建、知识提取、审计问题发现、可疑数据提醒和风险数据预警；数据服务层包括可视化展示、自动化服务和审计报告生成。

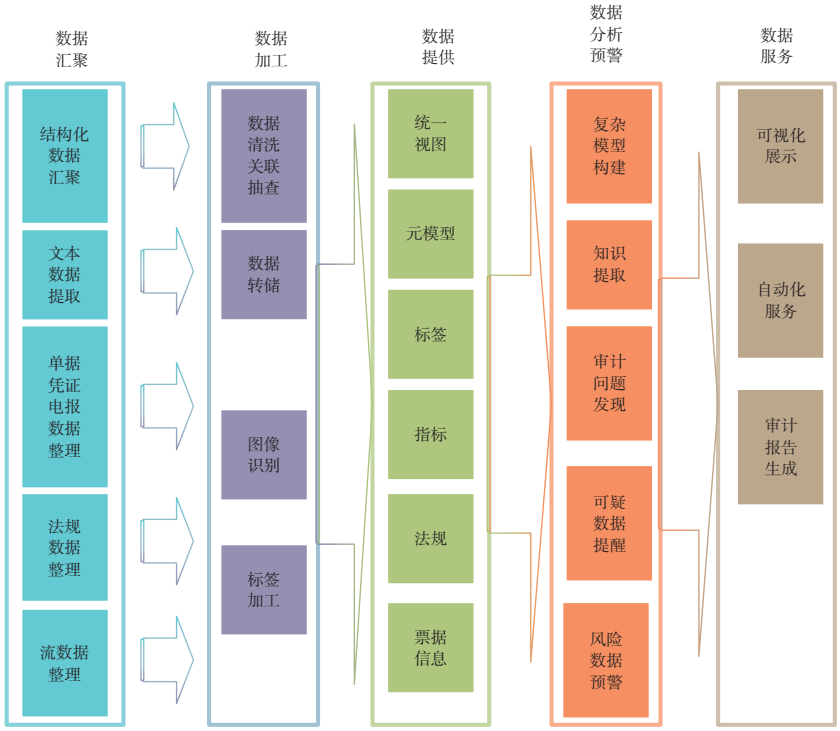


图2　铁路物流领域审计数字化数据架构

Fig.2　Data architecture of audit digitalization in railway logistics field

3　铁路物流领域审计数字化关键技术研究

3.1　审计模型描述方法

3.1.1　模型说明

最早的模型在构建时，无任何说明。人员在使用时，需要通过他人介绍、上手使用、阅读模型构建语言等方式来了解，不易于模型推广应用并产生更多使用价值[16]。

为了解决该问题，可以通过编写模型描述文档的方式，以大段文字的方式来描述。但是阅读时，可能由于文字较多，忽略一些关键事项。模型调整时，需要通读全文，来确定哪些文字需要同步修改。在文档编写、同步调整、阅读等方面，缺少易用性。

基于以上情况，通过统一规范的格式，将关键信息提取出来进行展示，构建统一的审计模型描述方法，是一个解决模型描述易用性的有效方法。

3.1.2　模型构建

审计模型主要包括数据和数据操作规则，最后提取出符合规则的数据。现实中的审计模型，存在2种情况，第1种是数据集和直接在此数据上的操作规则；第2种是2个数据集和数据集上有关联的操作规则。由此，可得审计模型M基本构建规则为

$$M=A\alpha B \tag{1}$$

式中：A，B为数据；α为规则。

当第1种情况时，B不存在；当第2种情况时，B存在。同时，由于审计模型的现实要求复杂性，单一规则可能无法达到审计模型需求，通过构建多次数据操作规则来实现复杂规则构建，由此，可得递推公式为

$$A=C\beta D \tag{2}$$

式中：C，D为数据，D允许不存在；β为规则。

在现实审计模型中，数据格式为$A=\{$数据字段1，数据字段2，…，数据字段$n\}$，由此，数据也可以用$A(n)$来表示。对于常见的数据操作规则，存在α，$\beta\in$｛筛选，关联，汇总，叠加，新建字段｝，为了描述更详细，在规则后可以添加更详细描述。例如，“＜筛选:数据字段1＝10＞”。

审计模型中，一个独立的审计模型可能只获取符合特定条件的数据，对于完整数据，需要多个独立的审计模型汇合构建。由此，完整的审计模型M_h，可以用式(3)来表示。

$$M_h=\begin{cases}M_1=A_1\alpha_1B_1\\M_2=A_2\alpha_2B_2\\\vdots\\M_i=A_i\alpha_iB_i\end{cases} \tag{3}$$

3.1.3　模型描述实例

在物流领域审计众多模型中，换票运输模型应用效果较为突出，且其操作规则类型较多、需要多个模型构建完成审计模型，具有一定的代表性。因此，以换票运输问题分析为例，展示审计模型描述方法，具体流程如下。

（1）整车票据换票运输审计描述模型。M_1：运单中2张整车票据品名相同，发货人和收货人有关联，制票时间间隔较短，车号相同且前一张票到站与后一张票发站相同的数据。

步骤1：基础数据，计算公式为

$$A_1=\{\text{运单ID，发站，发局，到站，到局，发货人，收货人，制票日期，车号，品名，是否有效票，票种}\} \tag{4}$$

式中：A_1为运单数据。

步骤2：获取关注数据，计算公式为

$$B_1=A_1\alpha_1=A_1<\text{筛选：是否有效票}=\text{有效票，票种}=\text{整车，品名不包含“自备”“搬运”“路”，发站}\neq\text{到站}> \tag{5}$$

式中：B_1为经过筛选操作后的运单数据；α_1为具体筛选规则。

步骤3：数据关联，计算公式为

$$C_1=B_1\alpha_2B_1=B_1<\text{关联：关联字段为车号、品名，关联方式为只关联均存在数据，其他操作为关联字段只保留1份、相同名称字段在名称后加序号}>B_1 \tag{6}$$

式中：C_1为关联操作后的数据集；α_2为具体关联规则。

步骤4：数据筛选，计算公式为

$$D_1=C_1\alpha_3=C_1<\text{筛选：运单ID}\neq\text{运单ID1，到站}=\text{发站1，制票日期1大于制票日期}> \tag{7}$$

式中：D_1为C_1执行筛选后的数据集；α_3为具体筛选规则。

步骤5：获取2张票间的日期差，计算公式为

$$E_1=D_1\alpha_4=D_1<\text{新增字段：日期差}=\text{制票日期1}-\text{制票日期}> \tag{8}$$

式中：E_1为D_1进行新增操作后的数据集；α_4为具体新增操作。

步骤6：获取日期差时间范围是10 d内的数据，计算公式为

$$F_1=E_1\alpha_5=E_1<\text{筛选：日期差小于等于10}> \tag{9}$$

式中：F_1为E_1经过筛选操作后的数据集；α_5为具体筛选操作。

步骤7：筛选运单发货人和收货人关联数据，计算公式为

$$G_1=F_1\alpha_6=F_1<\text{筛选：发货人}=\text{发货人1，或者收货人}=\text{收货人1，或者收货人}=\text{发货人1}> \tag{10}$$

式中：G_1为F_1经过筛选操作后的数据集；α_6为具体筛选操作。

由此，可得

$$M_1=G_1=F_1\alpha_6=((A_1\alpha_1)\alpha_2(A_1\alpha_1))\alpha_3\alpha_4\alpha_5\alpha_6=((\text{运单}\alpha_1)\alpha_2(\text{运单}\alpha_1))\alpha_3\alpha_4\alpha_5\alpha_6 \tag{11}$$

（2）集装箱票据换票运输审计描述模型。M_2：运单中2张集装箱票据品名相同，发货人和收货人有关联，制票时间间隔较短，集装箱箱种箱号相同且前一张票到站与后一张票发站相同的数据。

步骤1：基础数据，计算公式为

$$A_1=\text{运单} \tag{12}$$

$$A_2=\text{集装箱明细}\{\text{运单ID，箱种，箱号}\} \tag{13}$$

式中：A_2为集装箱明细数据。

步骤2：数据筛选，计算公式为

$$B_2=A_1\alpha_7=A_1<\text{筛选：是否有效票}=\text{有效票，票种}=\text{集装箱，品名不包含“自备”“搬运”“路”，发站}\neq\text{到站}> \tag{14}$$

式中：B_2为A_1经过筛选后数据；α_7为具体筛选操作。

步骤3：数据关联，计算公式为

$$C_2=B_2\alpha_8A_2=B_2<\text{关联：关联字段为运单ID，关联方式为只关联均存在数据，其他操作为关联字段只保留1份、相同名称字段在名称后加序号}>A_2 \tag{15}$$

式中：C_2为B_2和A_2经过关联操作后的数据；α_8为具体关联操作。

步骤4：数据关联，计算公式为

$$D_2=C_2\alpha_9C_2=C_2<\text{关联：关联字段为箱种、箱号、品名，关联方式为只关联均荐在数据，其他操作为关联字段只保留1份、相同名称字段在名称后加序号}>C_2 \tag{16}$$

式中：D_2为C_2与C_2关联操作后的数据；α_9为具体关联操作。

步骤5：数据筛选，计算公式为

$$E_2=D_2\alpha_{10}=D_2<\text{筛选：运单ID}\neq\text{运单ID1，到站}=\text{发站1，制票日期1大于制票日期}> \tag{17}$$

式中：E_2为D_2经过筛选后的数据；α_{10}为具体筛选操作。

步骤6：获取2张票间的日期差，计算公式为

$$F_2=E_2\alpha_{11}=E_2<\text{新增字段：日期差}=\text{制票日期1}-\text{制票日期}> \tag{18}$$

式中：F_2为E_2处理后的数据；α_{11}为具体新增字段操作。

步骤7：获取日期差时间范围是10 d内的数据，计算公式为

$$G_2=F_2\alpha_{12}=F_2<\text{筛选：日期差小于等于10}> \tag{19}$$

式中：G_2为F_2执行筛选后的数据；α_{12}为具体筛选操作。

步骤8：筛选运单发货人和收货人关联数据，计算公式为

$$H_2=G_2\alpha_{13}=G_2<\text{筛选：发货人=发货人1，或者收货人=收货人1，或者收货人=发货人1}> \tag{20}$$

式中：H_2为G_2经过筛选后的数据；α_{13}为具体筛选操作。

由此，可得

$$M_2=H_2=((\text{运单}\alpha_7)\alpha_8\text{集装箱明细})\alpha_9((\text{运单}\alpha_7)\alpha_8\text{集装箱明细})\alpha_{10}\alpha_{11}\alpha_{12}\alpha_{13} \tag{21}$$

综上可得，换票运输审计描述模型为

$$M_h=\begin{cases}M_1=((\text{运单}\alpha_1)\alpha_2(\text{运单}\alpha_1))\alpha_3\alpha_4\alpha_5\alpha_6\\ M_2=(\text{运单}\alpha_7)\alpha_8\text{集装箱明细})\alpha_9((\text{运单}\alpha_7)\alpha_8\text{集装箱明细})\alpha_{10}\alpha_{11}\alpha_{12}\alpha_{13}\end{cases} \tag{22}$$

3.2　基于RPA的审计监控预警模型构建

审计监控预警模型构建流程如图3所示。首先将相关领域数据录入审计原始库，然后根据需要将数据导入审计大数据库并构建元模型。在元模型基础上，结合具体业务需求构建审计模型，进而根据预警需求设计预警规则。通过设计执行RPA机器人，能够自动化地获取数据并执行预警规则。最后，根据设计周期自动执行RPA机器人，依据预警规则将风险提醒发送对应人员。



图3　审计监控预警模型构建流程

Fig.3　Construction process of audit monitoring and early warning model

在预警规则设计时，不仅要设计通过模型获取风险数据的方法，还需要考虑预警阈值配置、穿透规则设置、消息推送范围、预警周期设置等内容。

3.3　预警等级生成方法

3.3.1　预警等级生成模型

在审计模型基础上，通过设计风险规则与风险等级获取预警等级。由此，采用M_1作为审计模型加工后数据。记$\boldsymbol{M}_1'$为审计模型加工后的数据矩阵，$\boldsymbol{R}_1$为风险规则矩阵，由此可得

$$\boldsymbol{M}_1'=\begin{bmatrix}m_{1,1} & \cdots & m_{1,q}\\ \vdots & & \vdots\\ m_{p,1} & \cdots & m_{p,q}\end{bmatrix} \tag{23}$$

式中：q为$\boldsymbol{M}_1'$参数的个数；p为$\boldsymbol{M}_1'$中记录的数量；m为$\boldsymbol{M}_1'$中的元素参数值。

$$\boldsymbol{R}_1=\begin{bmatrix}r_{1,1} & \cdots & r_{1,q}\\ \vdots & & \vdots\\ r_{t,1} & \cdots & r_{t,q}\end{bmatrix} \tag{24}$$

式中：t为风险规则的个数；r为$\boldsymbol{R}_1$中确定位置上的风险值。

$$r_{i,j}=f_{i,j}(x)=\begin{cases}1 & x\text{符合条件}\\ 0 & x\text{不符合条件}\end{cases} \tag{25}$$

式中：$f_{i,j}(x)$为风险函数，$i\in[1,\mathrm{t}]$，$j\in[1,\mathrm{q}]$，函数可以是等于、不等于、大于、大于等于、小于、小于等于、包含、不包含、模式匹配等或前述多种方法的整合。

为了将数据风险转换为预警，需要设置风险等级预警转换矩阵，用户通过配置风险等级预警转换矩阵，按需求使用数据，获得预警矩阵。设风险等级有k个，则风险等级预警转换矩阵$\boldsymbol{Z}_1$设为

$$\boldsymbol{Z}_1=\begin{bmatrix}z_{1,1} & \cdots & z_{1,k}\\ \vdots & & \vdots\\ z_{t,1} & \cdots & z_{t,k}\end{bmatrix} \tag{26}$$

由此，得到预警矩阵$\boldsymbol{Y}$为

$$\boldsymbol{Y}=\boldsymbol{M}_1'\boldsymbol{R}_1\boldsymbol{Z}_1 \tag{27}$$

3.3.2　预警矩阵生成实例

以换票运输审计模型为基础，构建一个预警矩阵，并对应用过程进行描述。为了展示方便，将部分字段隐藏，获得处理后的数据结果$\boldsymbol{M}'_1$。

$$\boldsymbol{M}'_1=\{\text{运单ID，运单ID1，品名，发局，制票日期，日期差}\} \tag{28}$$

由此，整车换票运输审计模型部分数据如表1所示。

设风险规则1为“发局为哈尔滨局，制票日期为2024年1月1日—2024年5月31日，日期差在5 d内，品名是焦炭”，其风险等级为低风险，且权重为1。

风险规则2为“发局为哈尔滨局，制票日期为2024年1月1日—2024年5月31日，日期差在3 d内，品名是钢坯或焦炭”，其风险等级为中风险，且权重为1。

则有

$$\boldsymbol{R}_1=[\,r_1\quad r_2\,] \tag{29}$$

其中，$r_1=(1,\ 1,$品名=焦炭，1，发局为哈尔滨

表1　整车换票运输审计模型部分数据

Tab.2　Partial data of audit model for vehicle ticket exchange transportation

运单ID	运单ID1	品名	发局	制票日期	日期差
22012024RLX F025769	25012024BFP A041064	汽车	哈尔滨局	20240122	3
25042024LSB F047790	28042024LNT Y185265	焦炭	哈尔滨局	20240425	3
03032024XYB F107987	05032024XLL V022253	钢坯	哈尔滨局	20240302	3

局，1，制票日期为2024年1月1日—2024年5月31日，日期差≤5)T；r_2=(1，1，品名=钢坯或焦炭，1，发局为哈尔滨局，1，制票日期为2024年1月1日—2024年5月31日，日期差≤3)T。

$$Z_1=\begin{bmatrix}0 & 0 & 1\\ 0 & 1 & 0\end{bmatrix} \tag{30}$$

则得

$$Y=M_1'R_1Z_1=$$

$$\{\text{运单ID,运单ID1,品名,发局,制票日期,日期差}\}\begin{bmatrix}r_1 & r_2\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0 & 0 & 1\\ 0 & 1 & 0\end{bmatrix} \tag{31}$$

继而可得

$$Y=\begin{bmatrix}0 & 0\\ 1 & 1\\ 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0 & 0 & 1\\ 0 & 1 & 0\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}0 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 1\\ 0 & 1 & 0\end{bmatrix} \tag{32}$$

对Y分析可知，第2条和第3条记录需要发中级预警，第1条不需发预警。

4　结束语

铁路审计的业务属性决定了其数字化具有广阔的发展前景，而审计人员对通过数字化来提升审计效能的需求也日益迫切。每一次数字化探索，都在为铁路审计走向全面数字化奠定基础。然而，鉴于铁路审计工作的复杂性，其数字化进程很难一蹴而就。本研究以铁路物流领域的审计数字化为例，研究其关键技术，以期为铁路审计全面数字化建设提供参考。未来，可以将关键技术应用在其他领域审计中，扩大铁路审计数字化应用范围。

参考文献：

[1] 廖　毅. 国铁集团数字化审计体系构建[J]. 财务与会计，2023(18)：19-22.

[2] 马建军，朱建生，沈海燕，等. 铁路信息化、数字化、智能化关系演化模型及评估方法[J]. 铁道科学与工程学报，2023，20(3)：824-835.
MA Jianjun，ZHU Jiansheng，SHEN Haiyan，et al. Evolution Model and Evaluation Method of Railway Informatization，Digitalization and Intellectualization[J]. Journal of Railway Science and Engineering，2023，20(3)：824-835.

[3] 郑晓波，梁　娜. 新一代铁路审计管理信息系统的设计与实现[J]. 铁路计算机应用，2023，32(6)：52-56.
ZHENG Xiaobo，LIANG Na. New Generation of Railway Audit Management Information System[J]. Railway Computer Application，2023，32(6)：52-56.

[4] 代明睿，李国华，杜文然，等. 铁路人工智能审计平台构建与关键技术研究[J]. 铁道运输与经济，2023，45(6)：70-78.
DAI Mingrui，LI Guohua，DU Wenran，et al. Construction of Railway Artificial Intelligence Audit Platform and Its Key Technologies[J]. Railway Transport and Economy，2023，45(6)：70-78.

[5] 董　晖. 铁路货运生产作业与管控平台总体方案设计研究[J]. 铁道货运，2023(4)：1-8.
DONG Hui. Overall Scheme Design of Railway Freight Operation and Control Platform[J]. Railway Freight Transport，2023(4)：1-8.

[6] 刘　洋. 基于集中部署的铁路货运电子商务系统(95306)应用设计及关键技术研究[J]. 铁道运输与经济，2023，45(2)：68-75.
LIU Yang. Application Design and Key Technology of Railway Freight E-Business System (95306) Based on Centralized Deployment[J]. Railway Transport and Economy，2023，45(2)：68-75.

[7] 张方明. 铁路货运生产作业与管控平台背景下装卸机械智能化发展探讨[J]. 铁道货运，2023，41(9)：8-14.
ZHANG Fangming. Exploration of Intelligent Development of Loading and Unloading Machinery Based on Railway Freight Production Operation and Control Platform[J]. Railway Freight Transport，2023，41(9)：8-14.

[8] 张通晓，赵　华，何志瑜，等. 铁路货运生产作业与管控平台仓储功能应用探讨[J]. 铁道货运，2024，42(8)：50-56.
ZHANG Tongxiao，ZHAO Hua，HE Zhiyu，et al. Application of Storage Function in Railway Freight Production Operation and Control Platform[J]. Railway Freight Transport，2024，42(8)：50-56.

[9] 吴志伟，李　楠，高　达，等. 基于铁路货运生产作业与管控平台的货运与车务作业综合协同研究[J]. 铁道货运，2023，41(8)：1-6，19.
WU Zhiwei，LI Nan，GAO Da，et al. Comprehensive Collaboration of Freight Transport and Vehicle Operations Based on Railway Freight Production Control Platform[J]. Railway Freight Transport，2023，41(8)：1-6，19.

[10] 杨国立，姜树明. 基于ETL技术的多源异构数据融合方法研究[J]. 齐鲁工业大学学报，2024，38(4)：18-24.

YANG Guoli，JIANG Shuming. A Study on Multisource Heterogeneous Data Integration Methods Based on ETL Technology[J]. Journal of Shandong Institute of Light Industry (Natural Science Edition)，2024，38(4)：18-24.

[11] 曹　菁，陈　康，齐　宁，等. 基于OCR和图像检测的盖章文书图像自动审核方法[J]. 应用科学学报，2023，41(6)：1058-1067.
CAO Jing，CHEN Kang，QI Ning，et al. Auto-Checking Stamped Document Image Based on OCR and Image Detection[J]. Journal of Applied Sciences，2023，41(6)：1058-1067.

[12] LIU Y L，LI Z，HUANG M X，et al. OCRBench：On the Hidden Mystery of OCR in Large Multimodal Models[J]. Science China Information Sciences，2024，67(12)：220102.

[13] 崔洪振，张龙豪，彭云峰，等. 关键词提取算法研究综述[J]. 中文信息学报，2024，38(2)：1-14，24.
CUI Hongzhen，ZHANG Longhao，PENG Yunfeng，et al. A Survey for Keyword Extraction Algorithms[J]. Journal of Chinese Information Processing，2024，38(2)：1-14，24.

[14] 杨培蓓，王晓光，徐开元. 基于区块链与RPA技术的物流单证自动化设计与应用[J]. 计算机应用与软件，2024，41(10)：8-13，94.
YANG Peibei，WANG Xiaoguang，XU Kaiyuan. Design and Application of Logistics Document Automation Based on Blockchain and RPA[J]. Computer Applications and Software，2024，41(10)：8-13，94.

[15] 高庆鑫，刘　聪，张在贵，等. 基于流程挖掘的机器人流程自动化优化部署方法[J]. 计算机工程，2025，51(8)：396-405.
GAO Qingxin，LIU Cong，ZHANG Zaigui，et al. Optimized Deployment Method of Robotic Process Automation Based on Process Mining[J]. Computer Engineering，2025，51(8)：396-405.

[16] 靳　征. 铁路货运数字化审计分析模型构建探讨[J]. 铁道经济研究，2022(5)：10-13.
JIN Zheng. Discussion on Construction of Railway Freight Digital Audit Analysis Model[J]. Railway Economics Research，2022(5)：10-13.

（责任编辑：李丹丹）

Exploration and Research on Audit Digitalization in Railway Logistics Field

WU Zhiwei[1,2]，TENG Xueou[1]，CHEN Liming[1]，LIANG Na[3]

(1. Audit Bureau，China State Railway Group Co.，Ltd.，Beijing 100844，China；2. Institute of Computing Technology，China Academy of Railway Sciences Corporation Limited，Beijing 100081，China；3. Safety Technology Center，National Railway Administration，Beijing 100844，China)

Abstract: The construction of railway audit digitalization plays an important role in improving audit work efficiency, achieving full audit coverage, and safeguarding the high-quality development of railway enterprises. With the modern development of railway logistics, operation efficiency and data volume increase synchronously, which puts forward higher requirements for audit work in the logistics field, making it increasingly urgent to promote the development of audit digitalization. On the basis of analyzing the current situation of railway logistics and audit, this paper discussed the necessity of digital development of railway audit and the problems faced by digital development of audit in the logistics field, designed the digital architecture of the audit management information system in the railway logistics field, and studied key technologies such as data collection and cleaning technology, audit model description method, RPA-based construction of audit monitoring and early warning model, and early warning level generation method. Taking the ticket exchange transportation problem as an example, this paper studied the application process of the audit model description method and early warning level generation method and verified the usability of the methods, which provides a practical reference for the development of railway audit digitalization.

Keywords: Railway Audit; Railway Logistics; Audit Digitalization; Data Collection and Cleaning; Audit Model Description; Audit Monitoring and Early Warning