УДК 004:656.075:51-74

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРНЫМ КОМПЛЕКСОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Горелик А.В., Дорохов В.С., Орлов А.В., Скрипниченко И.Г., Шерстюков О.С.
ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», Москва, e-mail: gatsroat@yandex.ru

На техническую эксплуатацию инфраструктурного комплекса в компании ОАО «РЖД» уходят значительные средства, поэтому задача рационализации связанных с ней расходов является актуальной. В настоящее время компанией рассматривается возможность адресного распределения ресурсов и оптимизация затрат по различным критериям. Важная роль при этом отводится эксплуатируемым в компании различным информационным системам, в которых к настоящему времени представлена в довольно значительном объеме разноаспектная первичная информация об эксплуатации инфраструктуры, а вычислительные ресурсы могут использоваться для выполнения достаточно трудоемких расчетов. В связи с этим перспективно применение прескриптивной и предиктивной аналитики по отношению к данным информационных систем, что позволило бы решать самые разные задачи, связанные с технической эксплуатацией инфраструктуры. Статья посвящена возникшим к настоящему времени и видимым в перспективе важным проблемам использования для решения обозначенных задач данных из информационных систем, касающихся их достаточности, непротиворечивости, объективности и иных характеристик «качества», сложностей их обработки, представления и хранения. На основе отчетов информационных систем по статистическим данным о процессе эксплуатации инфраструктуры структурных подразделений дорожного уровня проведен корреляционный анализ и показано, что в настоящее время такой вид анализа может использоваться в качестве эффективного инструмента оценки объективности данных в части инцидентов в комплексе с другими методами. Затронута проблема ресурсоемкости и возможного ее решения с помощью моделей искусственного интеллекта.

Ключевые слова: информационные системы, техническая эксплуатация, производственные процессы, инфраструктура железнодорожного транспорта, распределение ресурсов

THE USE OF INFORMATION SYSTEMS TO MANAGE COMPLEX INFRASTRUCTURE OF RAILWAY TRANSPORT

Gorelik A.V., Dorokhov V.S., Orlov A.V., Skripnichenko I.G., Sherstyukov O.S.
Russian University of Transport, Moscow, e-mail: gatsroat@yandex.ru

The technical operation of the infrastructure complex in the company of JSC «Russian Railways» takes a significant amount of money, so the task of rationalizing the costs associated with it is urgent. Currently, the company is considering the possibility of targeted resource allocation and cost optimization according to various criteria. An important role is assigned to the various information systems operated by the company, which currently present a fairly significant amount of diverse primary information about the operation of the infrastructure, and computing resources can be used to perform fairly labor-intensive calculations. In this regard, it is promising to use prescriptive and predictive Analytics in relation to data from information systems, which would allow us to solve a variety of tasks related to the technical operation of infrastructure. The article is devoted to the important problems that have arisen to date and are seen in the future of using data from information systems for solving these tasks, concerning their sufficiency, consistency, objectivity and other characteristics of «quality», the complexity of their processing, presentation and storage. Based on the reports of information systems on statistical data on the operation process of the infrastructure of road level structural units, a correlation analysis was carried out and it was shown that at present this type of analysis can be used as an effective tool for assessing data objectivity regarding incidents in combination with other methods. The problem of resource intensity and its possible solution using artificial intelligence models is touched.

Keywords: information systems, technical operation, production processes, railway transport infrastructure, resource allocation

На реализацию производственного процесса – железнодорожных перевозок в компании ОАО «РЖД» приходится до 80 процентов ее расходов. Из них на техническую эксплуатацию инфраструктурного комплекса приходится более 66 процентов [1]. Процесс технической эксплуатации – ресурсоемкий процесс, а за его реализацию, в силу разнородности инфраструктуры, ответственны различные хозяйства и предприятия. Для них процесс технической эксплуатации является главным процессом. Задачи рационализации усилий и расходов, а также

обеспечения эффективности при обеспечении требуемого качества реализации производственных процессов представляют интерес для любого предприятия, однако для компании ОАО «РЖД» в настоящее время актуальность решения таких задач велика и возрастает с каждым годом. Это связано с тем, что реализуемый на сегодняшний день процесс технической эксплуатации, основанный преимущественно на регламентном подходе, недостаточно эффективен при тех ресурсах, которые доступны. Так на протяжении последних двух десяти-

тилетий в основном по причине недостатка ресурсов многие регламентные работы выполнялись с пропуском сроков, не полностью, либо вовсе не выполнялись. Например, вместо замены оборудования с завершенным назначенным сроком службы массово выполнялось неоднократное продление эксплуатации. В итоге только по критичной по выходу из строя инфраструктуре текущий износ превышает 70 процентов, а по некоторым оценкам – 85 процентов.

Материалы и методы исследования

В течение ряда лет в компании активно разрабатывают и внедряют в различные процессы информационные системы, в том числе системы, предназначенные для реализации технической эксплуатации инфраструктуры. В них регистрируется и производится оперативный обмен самой различной информацией о самой инфраструктуре, различных аспектах ее функционирования и технической эксплуатации. Охват распределенными информационными ресурсами различных технологических процессов таков, что в настоящее время говорят о феномене «цифровой трансформации железной дороги» [2].

В рамках цифровой трансформации железной дороги задачу управления технической эксплуатацией железнодорожной инфраструктуры можно решить на новом уровне. В частности, становится возможным реализовать идею адресного распределения ресурсов, в том числе с учетом большого числа различных ограничений, а также фактической потребности инфраструктуры и гибко ранжированных требований к качеству ее функционирования.

Существующие информационные системы могут рассматриваться как основа для более глубокой цифровой трансформации процессов, так как в них уже накоплен большой объем различных фактических данных, сложная аналитическая обработка которых до настоящего времени практически не реализовывалась, но в случае реализации позволила бы решать самые разные задачи, связанные с технической эксплуатацией инфраструктуры. В настоящее время уже имеется огромный интерес к применению этих данных для решения следующих задач:

- объективная оценка состояния инфраструктуры, контроль и обеспечение качества деятельности структурных подразделений хозяйств;
- определение потребных объемов ресурсов при заданной схеме их распределения;
- определение наиболее эффективной схемы их распределения при их недостатке;

– минимизация стоимости жизненного цикла отдельных изделий и инфраструктуры в целом;

– распределение ресурсов между процессами технического обслуживания и ремонта, капитального ремонта, модернизации технических средств;

– планирование деятельности подразделений на различные интервалы времени;

– прогнозирование последствий для инфраструктуры различных управленческих решений.

И перечень задач постоянно расширяется.

Первые попытки решения некоторых из указанных задач методами предиктивной и прескриптивной аналитики уже предприняты и получены положительные результаты, подтверждающие их перспективность. Так, в хозяйстве автоматики и телемеханики на основе данных информационных систем и их вычислительных мощностей выполняется расчет показателей качества функционирования инфраструктуры и комплексная оценка деятельности подразделений.

В настоящее время агрегируются данные из следующих информационных систем:

СТДМ – данные об отказах и предотказных состояниях инфраструктуры [3];

ЕК АСУИ – данные об отступлениях от норм содержания инфраструктуры;

АСУ-Ш-2 – данные об отказах инфраструктуры;

КАСАНТ – данные об отказах, вызвавших существенные нарушения перевозочного процесса.

Результаты исследования и их обсуждение

Первый опыт показал, что применение информационных систем может позволить:

– автоматически выполнять сбор большого объема статистической информации из различных источников;

– качественно выполнять весьма сложные с математической точки зрения и требующие высокой квалификации расчеты;

– снизить количество ошибок за счет выявления противоречий и перекрестных проверок;

– обеспечить высокую оперативность расчетов для инфраструктуры с различным уровнем детализации (вплоть до реального времени);

– сделать принципиально возможным решение оптимизационных задач большой размерности.

Вместе с тем был выявлен ряд существенных проблем:

1. Данные в информационных системах прирастают достаточно высокими темпами. Например, только по одной системе желез-

нодорожной автоматики за год может быть зарегистрировано несколько тысяч отступлений от норм содержания и сотни предостказных состояний, а количество самих систем на сети превышает 13 тысяч.

2. Информационные системы имеют различную архитектуру и реализованы на разных технологиях. Одни и те же данные в них частично повторяются, но, как правило, представлены по-разному и описывают разные свойства объекта, с использованием различных категорий и справочников.

3. Информационные системы на местах внедрены в технологические процессы достаточно неравномерно. Данные регистрируются в них с разной полнотой.

4. Большая часть первичных данных вводится операторами вручную, что приводит к различным субъективным искажениям в данных.

5. Ни одна отдельная информационная система не обладает полнотой данных для решения задачи оценки качества функционирования инфраструктуры.

6. Для решения ряда задач необходимые виды данных отсутствуют вовсе и требуется доработка существующих информационных ресурсов с целью предоставления возможности сбора таких данных, их накопления. Кроме того, требуется разработка соответствующих справочников для первичной обработки и классификации данных.

7. Спецификой хранимых в системах статистических данных является наличие существенного количества «промахов».

Агрегированием (объединением) данных из существующих информационных систем и выполнением расчета ряда показателей в настоящее время занимаются две вновь разработанные системы: АС АНШ и АС АНПШ. Однако вопросы полноты, непротиворечивости, точности агрегируемых данных остаются открытыми, в том числе и по причине сложившейся практики работы с данными оперативного персонала структурных подразделений.

Так, в 2019 г. проводился корреляционный анализ между различными данными на основе сводных отчетов АС АНШ [4]. Данные включали в себя 17 наименований, характеризовали дорожный уровень. Результаты оценки корреляции в данных, используемых в настоящее время для расчета показателей качества функционирования инфраструктуры, сведены в табл. 1, 2 и 3. Они относятся к станционным и перегонным системам Октябрьской железной дороги в общем количестве 1432. Ранжирование выполнялось по величине выявленной связи, классифицированной по шкале Чеддока [5]. Сочетания, где корреляционная связь слабая либо отсутствует вовсе, пропускались.

Таблица 1

Высокая положительная и отрицательная корреляция эксплуатационно-технических показателей на примере Октябрьской железной дороги

Коэффициенты корреляции	Значения
Между величинами «Номенклатура предостказных состояний по проекту» и «Номенклатура отказов по проекту»	0,952
Между величинами «Количество отказов 1 и 2 категории за 3 года» и «Количество отказов, вызвавших задержку в движении поездов, за 3 года»	0,941
Между величинами «Количество задержанных поездов за три года» и «Суммарная продолжительность задержки поездов»	0,849
Между величинами «Количество отказов, вызвавших задержку в движении поездов, за 3 года» и «Количество задержанных поездов за три года»	0,717
Между величинами «Количество предостказных состояний за 3 года» и «Количество отступлений от норм содержания за 3 года»	0,683
Между величинами «Количество отказов 1 и 2 категории за 3 года» и «Количество задержанных поездов за три года»	0,678
Между величинами «Количество отказов 1 и 2 категории за 3 года» и «Продолжительность отказов 1 и 2 категории за 3 года»	0,655
Между величинами «Количество рельсовых цепей/путей» и «Номенклатура отказов по проекту»	0,645
Между величинами «Продолжительность отказов 1 и 2 категории за 3 года» и «Количество отказов, вызвавших задержку в движении поездов, за 3 года»	0,623
Между величинами «Количество рельсовых цепей/путей» и «Номенклатура предостказных состояний по проекту»	0,594
Между величинами «Количество отступлений от норм содержания за 3 года» и «Номенклатура предостказных состояний по проекту»	0,527
Между величинами «Количество пар поездов в сутки» и «Количество задержанных поездов за три года»	0,511

Окончание табл. 1	
Коэффициенты корреляции	Значения
Между величинами «Количество отказов 3 категории за 3 года» и «Продолжительность отказов 3 категории за 3 года»	0,505
Между величинами «Количество отступлений от норм содержания за 3 года» и «Номенклатура отказов по проекту»	0,501
Между величинами «Класс железнодорожной линии» и «Специализация железнодорожной линии»	-0,627
Между величинами «Класс железнодорожной линии» и «Количество пар поездов в сутки»	-0,703

Таблица 2

Умеренная отрицательная корреляция эксплуатационно-технических показателей на примере Октябрьской железной дороги

Коэффициенты корреляции	Значения
Между величинами «Класс железнодорожной линии» и «Количество отказов, вызвавших задержку в движении поездов, за 3 года»	-0,304
Между величинами «Регламентное время устранения отказов» и «Номенклатура отказов по проекту»	-0,306
Между величинами «Класс железнодорожной линии» и «Количество рельсовых цепей/путей»	-0,370
Между величинами «Количество пар поездов в сутки» и «Регламентное время устранения отказов»	-0,374
Между величинами «Класс железнодорожной линии» и «Количество задержанных поездов за три года»	-0,384
Между величинами «Класс железнодорожной линии» и «Номенклатура предотказных состояний по проекту»	-0,439
Между величинами «Класс железнодорожной линии» и «Номенклатура отказов по проекту»	-0,476

Таблица 3

Умеренная положительная корреляция эксплуатационно-технических показателей на примере Октябрьской железной дороги

Коэффициенты корреляции	Значения
Между величинами «Количество пар поездов в сутки» и «Номенклатура отказов по проекту»	0,497
Между величинами «Продолжительность отказов 1 и 2 категории за 3 года» и «Количество задержанных поездов за три года»	0,492
Между величинами «Количество отступлений от норм содержания за 3 года» и «Количество рельсовых цепей/путей»	0,489
Между величинами «Количество отказов, вызвавших задержку в движении поездов, за 3 года» и «Суммарная продолжительность задержки поездов»	0,479
Между величинами «Количество предотказных состояний за 3 года» и «Номенклатура отказов по проекту»	0,466
Между величинами «Количество отказов 1 и 2 категории за 3 года» и «Количество предотказных состояний за 3 года»	0,466
Между величинами «Количество предотказных состояний за 3 года» и «Номенклатура предотказных состояний по проекту»	0,459
Между величинами «Количество отказов 1 и 2 категории за 3 года» и «Суммарная продолжительность задержки поездов»	0,458
Между величинами «Количество отступлений от норм содержания за 3 года» и «Количество отказов 3 категории за 3 года»	0,457
Между величинами «Количество пар поездов в сутки» и «Номенклатура предотказных состояний по проекту»	0,452
Между величинами «Количество отказов, вызвавших задержку в движении поездов, за 3 года» и «Количество предотказных состояний за 3 года»	0,444
Между величинами «Специализация железнодорожной линии» и «Количество пар поездов в сутки»	0,423
Между величинами «Количество пар поездов в сутки» и «Количество рельсовых цепей/путей»	0,412
Между величинами «Количество предотказных состояний за 3 года» и «Количество отказов 3 категории за 3 года»	0,411

Окончание табл. 3	
Коэффициенты корреляции	Значения
Между величинами «Продолжительность отказов 1 и 2 категории за 3 года» и «Суммарная продолжительность задержки поездов»	0,409
Между величинами «Количество отказов 1 и 2 категории за 3 года» и «Количество отказов 3 категории за 3 года»	0,406
Между величинами «Количество отступлений от норм содержания за 3 года» и «Объект: станция / перегон»	0,401
Между величинами «Количество отказов, вызвавших задержку в движении поездов, за 3 года» и «Количество отказов 3 категории за 3 года»	0,391
Между величинами «Количество пар поездов в сутки» и «Количество предотказных состояний за 3 года»	0,365
Между величинами «Количество пар поездов в сутки» и «Количество отказов, вызвавших задержку в движении поездов, за 3 года»	0,359
Между величинами «Количество предотказных состояний за 3 года» и «Объект: станция / перегон»	0,341
Между величинами «Количество отказов 1 и 2 категории за 3 года» и «Количество рельсовых цепей/путей»	0,341
Между величинами «Количество отказов 1 и 2 категории за 3 года» и «Количество отступлений от норм содержания за 3 года»	0,341
Между величинами «Количество пар поездов в сутки» и «Количество отказов 1 и 2 категории за 3 года»	0,337
Между величинами «Количество отказов, вызвавших задержку в движении поездов за 3 года» и «Количество рельсовых цепей/путей»	0,335
Между величинами «Количество отказов 3 категории за 3 года» и «Количество рельсовых цепей/путей»	0,334
Между величинами «Количество пар поездов в сутки» и «Количество отступлений от норм содержания за 3 года»	0,325
Между величинами «Количество задержанных поездов за три года» и «Количество предотказных состояний за 3 года»	0,323
Между величинами «Количество задержанных поездов за три года» и «Количество рельсовых цепей/путей»	0,320
Между величинами «Количество отказов, вызвавших задержку в движении поездов, за 3 года» и «Количество отступлений от норм содержания за 3 года»	0,319
Между величинами «Количество предотказных состояний за 3 года» и «Количество рельсовых цепей/путей»	0,314
Между величинами «Специализация железнодорожной линии» и «Количество задержанных поездов за три года»	0,309

Как показал анализ корреляции, аналогичные оценки существенно расходятся для разных железных дорог, что можно объяснить различными причинами. Кроме того, в случае построения регрессионных моделей можно столкнуться с проблемой мультиколлинеарности в данных [6].

Дополнительно оценивалась теснота взаимосвязи между связанными величинами.

При сопоставлении средней величины фактического времени до восстановления с регламентным временем устранения отказов, для Октябрьской железной дороги была получена высокая величина корреляции – 0,74, что говорит о хорошей обоснованности регламентного времени, тогда как для других дорог величина аналогичного показателя падала до 0,15, то есть соответствовала практическому отсутствию взаимосвязи, а, следовательно, низкой объективности задания регламентного времени.

Таким образом, корреляционный анализ можно рассматривать как один из возможных инструментов, для оценки объективности данных о различных инцидентах, регистрируемых в информационных системах хозяйства автоматики и телемеханики, наряду с методами логического, когнитивного анализа и рядом иных [7].

Заключение

В части дальнейшего развития информационных систем, в том числе в части реализации прескриптивной аналитики для выработки управленческих решений по технической эксплуатации инфраструктуры видится проблема ресурсоемкости. Несмотря на бурное развитие вычислительной техники и рост ее вычислительных возможностей, а также ожидаемое отсутствие необходимости расчетов в реальном масштабе времени при решении некоторых задач технической

эксплуатации, проблема недостатка вычислительных ресурсов может оказаться критичной. Существующие информационные системы решают множество задач, а новые задачи выступают дополнительной, причем существенно более сложной с вычислительной точки зрения нагрузкой. Некоторые из них, такие, например, как задача оптимального распределения различных ресурсов по сети железных дорог, очевидно, не могут быть решены за разумное время точными методами ввиду их огромной размерности. Выходом, помимо использования высокопроизводительных вычислительных ресурсов, видится применение моделей искусственного интеллекта, но конкретная область его применения и возможные риски требуют отдельной оценки.

Список литературы

1. Плетнев С. Собственные поездные формирования нужно тарифицировать по-новому // Газета «Гудок» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gudok.ru/newspaper/?ID=702469&archive=2010.10.06> (дата обращения: 22.05.2020).
2. Куприяновский В.П., Суконников Г.В., Ярцев Д.И., Кононов В.В., Синягов С.А., Намиот Д.Е., Добрынин А.П. Цифровая железная дорога – целостная информационная модель, как основа цифровой трансформации // International journal of open information technologies. 2016. № 10. С. 32–42.
3. Иванов А.А., Легоньков А.К., Молодцов В.П. Новые приборы регистрации параметров устройств железнодорожной автоматики в системе АПК-ДК (СТДМ) // Автоматика на транспорте. 2015. № 3. С. 282–297.
4. Бугреев Н.В., Веселова А.С., Орлов А.В. О корреляции статистических данных в информационных системах хозяйства автоматики и телемеханики // Наука и образование транспорта. 2019. № 1. С. 309–312.
5. Фадеева Е.П., Титов А.Н., Тазиева Р.Ф. Построение модели множественной регрессии прибыли и декомпозиция риска ее получения на коммерческую, производственную и финансовую составляющие // Вестник технологического университета. 2018. № 5. С. 165–173.
6. Орлова И.В., Филонова Е.С. Выбор экзогенных факторов в модель регрессии при мультиколлинеарности данных // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5–1. С. 108–116.
7. Шерстюков О.С. Определение ошибок в автоматизированных информационных системах хозяйства автоматики и телемеханики // Транспорт: наука, образование, производство: сборник трудов конференции (Воронеж, 20 апреля 2020 г.). Воронеж, 2020. С. 85–90.