

перспективных размеров движения поездов в Санкт-Петербургском железнодорожном узле.

Список литературы

1 Бородин, А. Ф. Принципы технологии грузового движения в Санкт-Петербургском железнодорожном узле при перспективной организации пассажирских перевозок / А. Ф. Бородин, К. Ю. Николаев, А. С. Петров // Бюллетень учёного совета АО «ИЭРТ» за 2019 год ; отв. ред. Я. Ю. Чебряков. – М. : ИЭРТ, 2020. – Вып. 5. – С. 60-67.

2 Методика проведения исследований проектов развития железнодорожных станций и линий с определением «узких мест», влияния на пропускные и перерабатывающие способности, рациональной технологии и прогнозируемых эксплуатационных показателей с использованием аппарата математического моделирования / ОАО «РЖД». – Утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 2р от 09.01.2018 г. – М., 2018. – 75 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

■ Николаев Константин Юрьевич, г. Москва, Российская Федерация, Акционерное общество «Институт экономики и развития транспорта» (АО «ИЭРТ»), инженер 1-й категории; constantsurety@gmail.com;

■ Петров Алексей Сергеевич, г. Москва, Российская Федерация, Акционерное общество «Институт экономики и развития транспорта» (АО «ИЭРТ»), инженер, petrov.alexey1@gmail.com.

УДК 656.212.5

АСПЕКТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

А. Д. ОБУХОВ

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», Российская Федерация

Одним из приоритетных направлений исследований в области развития комплексных систем управления работой на сортировочных станциях (СС) является повышение ритмичности и эффективности процессов расформирования-формирования поездов за счет внедрения новых подходов непрерывного мониторинга и прогнозирования эксплуатационной обстановки и технического состояния устройств на станции [1, 2]. Это предусматривает решение следующих первоочередных научно-практических задач:

1) адаптация и внедрение инструментов телеуправления техническими средствами и тяговыми подвижными единицами при производстве поездной и маневровой работы;

2) внедрение систем поддержки принятия решений с применением элементов искусственного интеллекта (СППР-ИИ);

3) повышение степени достоверности первичной информации в онлайн режиме о дислокации подвижных единиц на путях;

4) организация полностью автоматического ввода в СППР-ИИ данных, поступающих от разветвленной сети сенсоров и датчиков.

Интенсивность расформирования составов на сортировочных станциях в большей мере зависит от эффективности функционирования средств механизации и автоматизации сортировочного процесса, основными из которых являются горочные вагонные замедлители, системы автоматизации горочных операций, а также непрерывно развивающиеся информационно-управляющие комплексы, системы планирования составаобразования. Конечной целью автоматизации оперативного управления сортировочными процессами является создание полностью автоматической системы управления работой сортировочной станции с элементами искусственного интеллекта.

В настоящее время на СС существует комплекс автоматизированных систем управления, с помощью которых у оперативно-диспетчерского персонала (ОДП) и руководства станции есть возможность анализировать в режиме реального времени сложившуюся эксплуатационную обстановку, в частности:

– *маневровый диспетчер* в своей работе использует: ГИД «УРАЛ-ВНИИЖТ», СКАТИС ГИР, АС ЭТД, АСУ МР, АСУ СС, АС ППЛБ, ГИР ОНИКС ТСТ;

– *станционный диспетчер*: АПК ДК, АСУ СС, СКАТИС ГИР, АС ЭТД, АСУ МР, План ЦУТР, АС ППЛБ, СИРИУС, АСУ-Т Центр, ОСКАР ТЭП;

– *дежурный по станции (ДСП)*: ГИД «УРАЛ-ВНИИЖТ», АСУ СС, АПК-ДК (МАЛС), АСУ ВОП-2, АС КМО;

– *оператор при ДСП*: АРМ ГИД ДСП; АСУСТ; Оскар-М; МАЛС;

– *оператор СТС*: АСУСТ; АРМ ГИД ДСП.

Проведенный анализ использования перечисленных АСУ показал, что на практике диспетчерский аппарат станции чаще всего пользуется набором всего из 2–4 программ. В свою очередь, остальные системы используются не в полном объеме не только по вине оперативных работников, но и из-за их недостаточной функциональности, которая бы удовлетворяла требованиям нового времени, а также существенных эргономических недостатков. Также в ходе интервьюирования ОДП отмечены неудобства, возникающие при постоянном переходе от одной системы к другой, что в свою очередь создает дополнительные психофизические нагрузки для лиц, принимающих управленческие решения. Логичным решением задачи полноценного использования функционала всех существующих информационных систем,

исключения их частичного или полного дублирования и функционирования части из них в изоляции друг от друга является интеграция таких систем на базе единой платформы интеллектуальной системы управления СС.

В процессе проектирования указанной системы предложен метод построения интеллектуальных моделей ситуационного прогнозирования на основе агрегированных знаний оперативно-диспетчерского персонала сортировочной станции. Согласно этому методу, соответствующие алгоритмы предсказательного моделирования базируются на индуктивном обучении, то есть обучении по прецедентам. В процессе выполнения станционного технологического процесса посредством наполных и иных первичных источников формируется стек данных, который после проведения определенных манипуляций, включая разметку данных, позволяет получить так называемую обучающую выборку – совокупность всех имеющихся описаний прецедентов. Далее выявляются общие зависимости, закономерности и тренды, характерные не только для представленной выборки, но и для всех потенциально возможных прецедентов.

В качестве способа определения прецедентов определен метод признакового описания. В реальных условиях прецеденты могут описываться: сигналами, поступающими с различных датчиков движения, температуры окружающей среды, скорости и направления ветра; изображениями; текстовыми фрагментами из соответствующих журналов; звуковыми и видеорядами.

Сформированная совокупность признаков описаний объектов обучающей выборки $X^l = (x_1, \dots, x_l)$ сведена в матрицу объектов – признаков размером $l \times n$:

$$F = f_j(x_i)_{l \times n} = \begin{pmatrix} f_1(x_1) & \dots & f_n(x_1) \\ \dots & \dots & \dots \\ f_1(x_l) & \dots & f_n(x_l) \end{pmatrix} \cdot F = f_j(x_i), \quad (1)$$

где f_1, \dots, f_n – набор описания признаков, $f_1(x), \dots, f_n(x)$ – признаковое описание объекта $x \in X$.

Формат такого описания исходных данных является наиболее удобным для решения задач классификации и регрессии, а большинство методов машинного обучения приспособлены к работе с ним.

Среди подобных прецедентов особо выделены [3]:

- прием поезда;
- расформирование состава прибывшего поезда;
- формирование состава одногруппного поезда или двухгруппного при накоплении каждой группы на отдельном пути;

- формирование состава многогруппного поезда при накоплении вагонов всех групп на одном пути;
- формирование одногруппных и многогруппных составов для подачи их на пути необщего пользования;
- частичная переработка состава транзитного поезда;
- пропуск транзитного поезда без переработки со сменой локомотива и/или локомотивной бригады;
- отправление поезда своего формирования;
- перестановка угловых передач;
- пропуск по станции различных подвижных единиц, обеспечивающих выполнение хозяйственных и других необходимых технологических операций;
- обеспечение выполнения частного технологического процесса любого вида в условиях исключения его из работы станционного комплекса.

Применение рассматриваемых идентификационных моделей возможно только при совместном использовании аппарата имитационного моделирования работы сортировочной станции. Результаты работы последней позволяют сократить вариативность поиска определенных технологических ситуаций. При этом к имитационной модели предъявляются следующие основные требования.

1 Повторяемость. С помощью имитационной модели можно провести неограниченное количество экспериментов с разными параметрами.

2 Точность. Имитационное моделирование позволяет описать структуру системы и её процессы в естественном виде, не прибегая к использованию формул и строгих математических зависимостей.

3 Наглядность. Имитационная модель обладает возможностями визуализации процесса работы объектов СС во времени, схематичного задания структуры и выдачи результатов в графическом виде.

4 Универсальность. Имитационное моделирование позволяет решать задачи из разных областей железнодорожного транспорта. В каждом случае модель имитирует, воспроизводит реальный процесс и позволяет проводить широкий набор экспериментов без влияния на реальные объекты.

В процессе моделирования максимально детально воспроизводится логика принятия решений ОДП и отображение их непосредственно на схематическом плане станции или графике исполненной работы. Фактически это процесс моделирования работы дежурного по станции. Решение данной задачи включает:

- выбор путей и маршрутов приема поездов;
- выбор очередности и маршрутов следования поездных локомотивов в депо;
- распределение работы между бригадами пункта технического и коммерческого осмотров (ПТО и ПКО) парка приема и отправления;

- планирование очередности выполнения маневровых операций – работы горочных локомотивов;
- выбор очередности расформирования прибывающих составов поездов;
- планирование работы сортировочной горки в свободное от отпуска составов время, включая операции: окончание формирования, осаживание, работа на ремонтных путях и т. д.;
- выбор варианта рационального использования полезной длины станционных путей и мощности локомотивов при формировании и отправлении поездов;
- определение целесообразности и порядка формирования поездов более дальних назначений и групповых поездов вместо одногруппных;
- выбор «скользящей» специализации путей сортировочного парка для сокращения числа повторно сортируемых вагонов, накопления и формирования поездов более дальних назначений и т. п.;
- планирование очередности окончания формирования и выставки составов из сортировочного парка в парк отправления;
- определение последовательности работ при пополнении транзитных поездов до разрешенных норм веса и длины;
- определение последовательности работ с транзитными поездами, следующими с переломом веса и длины;
- выбор пути и маршрута выставки готовых составов в парк отправления;
- выбор маршрутов следования маневровых локомотивов по станции и локомотивов под составы;
- планирование работы парков станции в условиях нарушения работы или ремонта технических устройств;
- выбор регулировочных мер при затруднениях в работе станции (при текущем планировании);
- распределение работы между маневровыми локомотивами.

В заключении следует отметить, что повсеместное внедрение инновационных методов организации перевозочного процесса, в том числе на сортировочных станциях сети на основе интеллектуальных технологий позволит увеличить производительность сортировочных систем, повысить уровень безопасности и безаварийности станционных процессов, в конечном итоге – повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта.

Список литературы

1 **Бородин, А. Ф.** Автоматизация решения задач развития и использования железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов в Стратегии цифровой трансформации ОАО «РЖД» / А. Ф. Бородин // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019) : Восьмая науч.-техн. конф. (21 ноября 2019 г., Москва, Россия). – М. : АО «НИИАС», 2019 г. – С. 22–26.

2 **Ерофеев, А. А.** Разработка интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на Белорусской железной дороге / А. А. Ерофеев, О. А. Терещенко, В. В. Лавицкий // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 6. – С. 74–77.

3 Технология работы участковых и сортировочных станций / И. Г. Тихомиров [и др.] ; под ред. И. Г. Тихомирова. – М. : Транспорт, 1973. – 272 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

■ Обухов Андрей Дмитриевич, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», канд. техн. наук, доцент, adobukhov@mail ru.

УДК 656.21

**ТРЕБОВАНИЯ К СХЕМЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ
КАК ТОПОЛОГИЧЕСКОМУ ЭКВИВАЛЕНТУ
МАСШТАБНОГО ПЛАНА**

Е. М. ПЕРЕПЛАВЧЕНКО

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

Адекватная трансформация масштабного плана в соответствующий шаблон схемы станции является одной из первостепенных задач, требующих решения при унификации схем железнодорожных станций в цифровом представлении объектов. Решение данной задачи обеспечит сохранение актуальности схемы станции, благодаря связи с данными соответствующего цифрового масштабного плана. Достоверность схемы существенно повышает эффективность ее практического использования, а цифровая основа позволяет соблюдать требования полного соответствия текущего состояния и схемного решения. Необходимо обеспечить четкую формализацию требований к виду и содержанию немасштабной схемы станции [1]. И если для плана станции такие требования на настоящий момент определены, то единой концепции построения схем станций не разработано.

Проведенный автором анализ целого ряда планов и схем станций показывает, что мощности перечня объектов в каждом из них различны [2]. Масштабный план станции координатно позиционирован по всем его объектам. Для каждого объекта определена конкретная точка привязки к некоторому координатному полю глобальных или локальных позиций. Координаты этой точки являются атрибутом объекта, который записывается в соответствующую базу данных (для цифрового аналога масштабного плана).

Немасштабная схема станции исключает координатную привязку, фиксируя лишь взаимное расположение отдельных объектов, так как схема станции часто используется как карта анализа технологии работы станции и