

– для маломощных контейнерных потоков требуется разработка плана формирования вагонов с контейнерами и его увязка дорожным планом формирования грузовых поездов.

Для реализации различных технологий контейнерных перевозок необходимо разработать способы формирования контейнерных и грузовых поездов, грузовую и маневровую работу на прикрепленных станциях погрузки, согласованный вывод поездов к определенному времени, организацию развоза местных поездов к специализированной станции с дальнейшей переработкой и т. д. В условиях увеличения контейнерных перевозок в международном сообщении требуется оптимизация количества и расположения специализированных для работы с контейнерами станций на полигоне железной дороги, а также их перевозочного потенциала.

Список литературы

1 Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года : одобр. на заседании Президиума Совета Министров Респ. Беларусь от 2 мая 2017 г., протокол № 10.

2 Государственная программа «Транспортный комплекс» на 2021–2025 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 23 марта 2021 г. № 165.

3 Сладкевич, А. Н. Инновационные решения по организации логистических схем доставки экспортных грузов / Тихомировские чтения: Наука и современная практика технологии перевозочного процесса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (20–21 октября 2022 г., Гомель). – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 29–35.

4 Паршина, Р. Н. Контейнерные перевозки грузов в международных транзитных сообщениях / Р. Н. Паршина. – М. : ВИНТИ РАН, 2006. – 220 с.

УДК 681.518.5+656.1/5

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЗА СЧЕТ УВЯЗКИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Д. И. МИХАЙЛЮК

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Российская Федерация

С усилением урбанизации и ростом населения управление транспортными потоками стало иметь решающее значение для обеспечения устойчивости транспортной системы. Используя подход, основанный на аналитике влияния внешних факторов на конструкции искусственных сооружений, появляется возможность реализации эффективных и безопасных стратегий управления.

С развитием цифровизации и новейших методов интеллектуальной аналитики, а также инструментов управления остро встаёт вопрос о пересмотре и доработке устаревших методов, в которых сотрудники эксплуатирующих объекты служб вручную анализируют полученные данные [1], или создании принципиально новых систем, базирующихся на новых технологиях, отвечающих таким требованиям, как достоверность и «чистота», безопасность и отказоустойчивость [2, 3].

На автомобильных дорогах РФ постепенно в практику внедряются интеллектуальные транспортные системы. Прежде всего, ими оборудуются особо значимые магистрали, например, Западный скоростной диаметр в Санкт-Петербурге, Московская кольцевая автомобильная дорога, строящаяся трасса Москва – Казань и др. Наличие интеллектуальных транспортных систем позволяет оптимизировать движение и затраты на него пользователей всех сегментов, а также повышать уровень комфортабельности перевозок.

В интеллектуальных транспортных системах реализуются различные сценарии для управления дорожным движением [4, 5], которые могут иметь как оптимизационный характер при штатной деятельности системы, так и быть ситуативными при различных критических обстоятельствах.

Штатное функционирование системы управления дорожным движением предполагает сочетание сбора данных, анализа, принятия решений и ответных действий для оптимизации транспортного потока, повышения безопасности и уменьшения заторов на дорожных сетях [6–8].

К настоящему моменту внедряемые интеллектуальные транспортные системы не имеют увязки с используемыми на ряде объектов системами автоматизированного мониторинга состояния искусственных сооружений автомобильных дорог [9, 10]. Такая увязка не предусмотрена на нормативном уровне, хотя и выглядит весьма логичной, ведь создается возможность управления безопасно-

стью инфраструктурного комплекса автомобильных дорог и минимизируются риски аварий и катастроф, связанных с некачественным состоянием самой инфраструктуры.

Примерами сценариев управления при фиксации системой мониторинга инженерных конструкций и сооружений критических изменений в искусственных сооружениях могут служить оповещение о тревоге, автоматическое отключение, дистанционное управление, перенаправление трафика, совместные действия с аварийными службами. Это, однако, возможно реализовать только при наличии информационной увязки системы управления и мониторинга.

В ходе исследования был разработан программный модуль формирования сценариев в интеллектуальной транспортной системе, получающий данные от системы автоматизированного мониторинга. Он разработан с позиции теории конечных автоматов в виде программного кода.

Простейшая модель, основанная на теории конечных автоматов, строится на предположении, что сама подсистема увязки включает в себя три основных состояния: «диагностирование изменений», «генерацию сценария управления» и «передачу сценария управления».

С целью учета прогнозных изменений в состоянии объекта мониторинга модуль формирования сценариев управления был разработан с использованием линейной регрессии на языке Python [11].

В качестве анализа использованы «сырые» данные, полученные от системы автоматизированного мониторинга, развернутой на Русском мосту во Владивостоке [12, 13]. Были взяты данные за четверо суток. Данные были выгружены с серверов системы мониторинга и далее обрабатывались с помощью программного модуля увязки.

В разрабатываемом программном коде оценивается влияние показателей ветровой нагрузки на показатели аппаратного модуля, установленного непосредственно на объекте мониторинга. Линейная регрессия позволяет найти линию наилучшего соответствия (прогнозную линию) между переменными и, таким образом, позволяет оценить влияние ветровой нагрузки на значения, получаемые с датчиков системы мониторинга.

При обучении модели линейной регрессии на данных она определяет веса и смещение линии таким образом, чтобы минимизировать сумму квадратов ошибок между исходными значениями и прогнозируемыми значениями. В итоге мы получаем линию, которая хорошо описывает общую тенденцию в данных.

В заключение отметим, что основа программного модуля выстраивается на теории конечных автоматов, логика которого представлена в запуске «нормального» состояния и просмотра обновлений; при фиксации «критического» изменения автомат переходит в состояние «диагностика», в котором выполняются диагностические процедуры. При успешном прохождении всех проверок автомат возвращается в «нормальное состояние», в противном же случае он переходит в состояние «альтернативный» и отправляет соответствующий сценарий управления в транспортные системы.

Модификация алгоритма с помощью модели линейной регрессии позволяет учитывать влияние внешних факторов, в нашем случае ветровой нагрузки, на показатели аппаратного комплекса, а также предоставляет исчерпывающую информацию о состоянии конструкции, надежности и безопасности использования объектов инфраструктуры, а автоматический запуск сценария в интеллектуальной транспортной системе позволяет своевременно передать информацию эксплуатирующему персоналу и участникам движения.

Список литературы

1 Технология анализа результатов мониторинга при эксплуатации мостового перехода на остров Русский через пролив Босфор Восточный во Владивостоке / В. Н. Мячин [и др.] // Дороги и мосты. – 2023. – № 1 (49). – С. 177–195.

2 **Ефанов, Д. В.** Концептуальные основы синтеза безопасных систем управления движением поездов / Д. В. Ефанов, В. В. Хорошев, Г. В. Осадчий // Мир транспорта. – 2022. – Т. 20, № 3 (100). – С. 50–57. – DOI: 10.30932/1992-3252-2022-20-3-6.

3 **Efanov, D. V.** Principles of Safety Signalling and Traffic Control Systems Synthesis on Railways / D. V. Efanov, V. V. Khóroshev, G. V. Osadchy // Applications and Manufacturing (ICIE) : Proceedings of 9th International Conference on Industrial Engineering, Sochi, Russia, May 15–19, 2022. – P. 634–638. – DOI: 10.1109/ICIEAM57311.2023.10139292.

4 ИТС на автомобильном транспорте. Технологии, методы и практика применения / Б. Д. Кьяра [и др.]. – М. : Типография Парадиз, 2014. – 532 с.

5 **Евстигнеев, И. А.** Основы создания интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях России / И. А. Евстигнеев. – М. : Перо, 2021. – 294 с.

6 **Абрамова, Л. С.** Модели управления дорожным движением для АСУДД / Л. С. Абрамова // Вестник ХНАДУ. – 2010. – № 50. – С. 57–63.

7 **Капский, Д. В.** Анализ алгоритмов управления дорожным движением и их применимости на современном этапе развития ИИТС / Д. В. Капский, И. Н. Пугачев, Д. В. Навой // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2019. – № 1–1. – С. 259–264.

8 Мишкина, А. А. Построение семейства сценариев использования с целью анализа функциональной безопасности систем управления / А. А. Мишкина, О. М. Кировский, И. А. Мозолин // International Journal of Open Information Technologies. – 2022. – Vol. 10, no 5. – P. 81–90.

9 Ефанов, Д. В. Интеграция систем мониторинга инженерных конструкций и сооружений с интеллектуальными транспортными системами / Д. В. Ефанов // Мир дорог. – 2023. – № 155. – С. 74–76.

10 Ефанов, Д. В. Ситуационное управление дорожным движением при интеграции систем мониторинга инженерных конструкций и сооружений с интеллектуальными транспортными системами / Д. В. Ефанов // Дороги Содружества Независимых Государств. – 2023. – № 6 (109). – С. 87–93.

11 Proglib: библиотека программиста / Линейная регрессия на Python. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://proglib.io/p/linear-regression>. – Дата доступа : 10.08.2023.

12 Выбор способа фильтрации диагностических данных в системах непрерывного мониторинга объектов транспортной инфраструктуры / Д. В. Ефанов [и др.] // Транспорт Российской Федерации. – 2020. – № 2. – С. 35–40.

13 Filtration of Diagnostic Data for Retrospective Analysis in Health Monitoring Systems of Engineering Structures / D. V. Efanov [et. al.] // Proceedings of 18th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2020), Varna, Bulgaria, September 4–7, 2020. – P. 189–196. – DOI: 10.1109/EWDTS50664.2020.9224797.

УДК 656.22.073

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РИСКОВ В ПРОЦЕССАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

О. В. МЛЯВАЯ

Конструкторско-технический центр Белорусской железной дороги, г. Минск,

В. Г. КУЗНЕЦОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Регулирование движения поездов осуществляется при возникновении недопустимых состояний поездной работы и является необходимым управленческим процессом по обеспечению требований графика движения поездов (ГДП) и эффективности перевозочного процесса. Для решения таких задач используются различные методы и способы диспетчерского управления, технологии формирования и обработки поездов на технических станциях, пропуска поездов по участкам инфраструктуры, которые позволяют оперативно реагировать на изменения в состоянии поездной работы [1].

На процесс движения поездов на железнодорожных участках и в узлах влияют множество факторов (технических, технологических, организационных, природных и др.), вызывающих задержки поездов, несоблюдение ГДП. Поэтому для выбора методов регулирования и эффективных технологических решений может использоваться оценка рисков. Оценка рисков в поездной работе – определение величины (степени) риска возникновения недопустимых значений параметров задержек в движении поездов, приводящих к несоблюдению ГДП и непроизводительным эксплуатационным затратам. Оценка рисков осуществляется с применением количественных и качественных методов оценки.

Параметрическая оценка множества состояний поездной работы на железнодорожных участках (как динамической транспортной системы) состоит в выявлении негативных факторов и недопустимых состояний в соответствии с параметрами, установленными в плане формирования (ПФ) и при моделировании пропуска поездов в ГДП. Для идентификации состояний поездной работы, оценки риска можно использовать технологию обработки больших данных (*Big Data, BD*) [2].

При анализе рисков выполнения поездной работы в соответствии с нормативным ГДП (НГДП) может возникать недостоверная оценка, поэтому необходимо использовать актуальную модель ГДП (АГДП), которая отражает объективные поездные заявки перевозчиков на плановые сутки. НГДП и его адаптация к суточному плану поездной работы в виде АГДП представляют собой целевые модели поездной работы и формируют расписание каждой нитки для заявленного множества грузовых и пассажирских поездов различных категорий. Для повышения качества применения методики анализа рисков нарушения поездной работы при разработке АГДП можно использовать технологию динамического планирования маршрута поезда. Эта технология основана на использовании алгоритмов оптимизации маршрута поезда и позволяет оперативно реагировать на изменения