

ное предлагается ограничить скорость движения транспортных средств до 40 км/ч, о чем необходимо внести дополнения и изменения в Правила дорожного движения Республики Беларусь. Также требуется внести зону действия знака как зону запрещения выполнения обгона. Полоса отвода всех категорий лесных дорог не должна быть менее 30 м. Соблюдение Правил дорожного движения, в том числе скоростного режима, и особая осторожность в зоне действия знака «Дикие животные» существенно снизят риск аварий, связанных с внезапным появлением животных на дорогах.

Обобщение отечественного и зарубежного опыта применения предупреждающих и защитных мероприятий, сокращающих количество ДТП с животными, и дальнейшая разработка методики оценки их эффективности, внедрение мер профилактики и снижения рисков подобных ДТП являются актуальными задачами в обеспечении безопасности дорожного движения.

Список литературы

1 Расследование и анализ аварийных ситуаций на автомобильных дорогах постоянного действия / М. В. Драпалюк [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11, № 2 (42). – С. 108–120.

2 Драган, В. В. Оценка влияния миграционных процессов диких животных на обеспечение безопасности дорожного движения / В. В. Драган, А. Е. Кравченко // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2019. – Т. 1 – С. 38–40.

УДК 665.21

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И СРЕДЫ ANYLOGIC

*А. В. ДУДАКОВА, Н. Ю. ГОНЧАРОВА, Р. Ю. УПЫРЬ
Иркутский государственный университет путей сообщения,
Российская Федерация*

Железнодорожный транспорт обеспечивает перевозку пассажиров и грузов, обеспечивая внутригосударственные и международные транспортные связи. Многие ученые изучают систему железнодорожных перевозок, ее нелинейное поведение [1, 2]. Наиболее эффективным методом системного анализа в подобных случаях является имитационное моделирование – способ создания цифровых моделей реальных систем для анализа и прогнозирования. Он включает использование математических и статистических

подходов для моделирования поведения системы в различных условиях. Имитационное моделирование широко используется во многих областях: в производстве, экономике, на транспорте, в здравоохранении, государственном управлении, образовании и науке.

Известны три основных подхода к имитационному моделированию: системный, дискретно-событийный и агентное моделирование. Принято считать, что дискретное моделирование подходит для анализа оперативных/тактических проблем, тогда как системная динамика – идеальная парадигма для стратегического планирования и создания экономических моделей. Агентное моделирование позволяет задавать интерактивные правила между компонентами и понимать, как взаимодействие агентов влияет на систему; подходит для детального изучения процессов во многих сферах, в том числе на транспорте и в логистике.

При имитационном моделировании применяется специальное программное обеспечение. Среди современных инструментов популярна среда AnyLogic, объединяющая все три современные парадигмы построения имитационных моделей [3]. Зарубежные и отечественные исследователи в области транспорта отмечают преимущества данного продукта при исследовании широкого спектра реальных задач. Например, модель Екатеринбургского ж. д. узла, построенная в AnyLogic, подробно рассмотрена в статье [4], имитационная модель, позволяющая оценивать время занятия прямо-отправочных путей технической станции приводится в [5], работа [6] посвящена исследованию транспортно-логистических интермодальных терминалов.

В настоящий момент на железнодорожном транспорте существует проблема обеспечения высокой скорости движения поездов в связи с тем, что она непосредственно влияет на подавляющее большинство эксплуатационных показателей. Так, маршрутная скорость грузовых поездов составляет 460 км/сут. В решении обозначенной проблемы большую роль играют сортировочные станции (СС), так как на скорость движения поездов напрямую влияет маршрутная скорость, учитывающая время на разгон, замедление и остановку на всех технических станциях. Одним из направлений решения данной проблемы является совершенствование инфраструктуры сортировочных станций для повышения производительности системы. Поскольку проведение натурных исследований в контексте рассматриваемого вопроса весьма проблематично, единственным возможным решением является применение методов математического и компьютерного моделирования. Использование имитационного моделирования и так называемых «цифровых двойников» (digital twins) становится все более популярным в различных отраслях, включая транспорт. Цифровые двойники транспортной инфраструктуры – это виртуальные реплики физических транспортных систем, воспроизводящие их функционирование в реальном времени, предоставля-

ющие высокоточное и интерактивное представление транспортной инфраструктуры, такой как пути сообщения, терминалы, различные искусственные сооружения (железнодорожные сортировочные горки, мосты, туннели) и др.

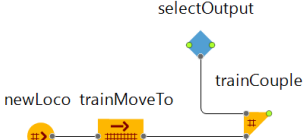
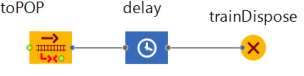
В данном исследовании авторы использовали агентный и процессный методы моделирования с обращением к железнодорожной библиотеке AnyLogic. Модель имитирует процесс расформирования/формирования составов поездов на железнодорожной сортировочной станции. Технологические процессы, выполняемые на сортировочной станции, достаточно сложные. Моделирование таких объектов часто сопряжено с необходимостью выполнения вычислений, проверки условий в зависимости от значений свойств объектов, использования вероятностных распределений, разработки нестандартных алгоритмических структур.

Одним из достоинств AnyLogic является возможность использовать для задания сценариев полнофункциональный объектно-ориентированный язык программирования Java с высокой производительностью. Моделируемый процесс работы сортировочной станции включает поступление поездов в парк приема, отправление поездного локомотива в локомотивное хозяйство, прибытие маневрового локомотива, расформирование вагонов по назначениям, поступление готовых сформированных составов в парк отправления. В модели задействовано три локомотива: поездной, два маневровых (для работы на горке и в районе формирования). Пример описания операций в среде AnyLogic приведен в таблице 1.

Главным результатом проведенной работы является то, что разработан программно-алгоритмический инструментарий, позволяющий проводить предварительное изучение работы сортировочной системы, разыгрывая различные сценарии, получить модельные решения с количественной оценкой влияния изменения показателей на эффективность выполнения технологических процессов всех подсистем.

При использовании методов аналитики данных и машинного обучения цифровые двойники могут помочь транспортным компаниям принимать обоснованные управленческие решения, оптимизировать использование инфраструктуры, повысить безопасность и эффективность. Аналогично, цифровые двойники железнодорожных сортировочных систем обеспечивают полное представление о происходящих процессах на сортировочных станциях, позволяют принимать оперативные решения, тестировать и внедрять новые технологии. Использование цифровых двойников потенциально может изменить способ управления и оптимизации транспортных систем, что приведет к повышению безопасности и сокращению финансовых издержек.

Таблица 1 – Пример описания операций с поездами своего формирования в среде AnyLogic

<p>Заезд маневрового локомотива и прицепка к составу</p>		<p>1 NewLoco – локомотив появляется на пути, заданном переменной trackReadyToDepart. 2 SelectOutput проверяет имеется ли достаточное количество вагонов одного типа на пути или еще нет. При выходе (false) секции: – trackReadyToDepart = agent.getTrack(true); – newLoco.inject(). 3 TrainMoveTo – движение локомотива к готовым к перестановке вагонам; 4 TrainCouple – прицепка маневрового локомотива к составу</p>
<p>Перестановка состава в парк отправления на свободный путь, технический и коммерческий осмотры</p>		<p>При перестановке свободный прием-отправочный путь задаётся функцией chooseTrack(): – тело функции – if(availableTracks.size() > 0){ int i = uniform_discr(0, availableTracks.size()-1); return availableTracks.remove(i); finishSimulation(); getExperimentHost().showMessageDialog("No empty tracks."); return null; – delay – моделирование процесса технического и коммерческого осмотра</p>

Список литературы

- 1 Моделирование крупнейшей в мире железнодорожной сортировочной станции с использованием теории массового обслуживания / М. Л. Жарков [и др.] // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3 (51). – С. 4–14.
- 2 Гончарова, Н. Ю. Использование методов имитационного моделирования в железнодорожном транспорте / Н. Ю. Гончарова, Р. Ю. Упырь, А. В. Дудакова // Мировые научные парадигмы в цифровую эпоху: взгляд в будущее : материалы VIII Международ. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 30 октября 2022 года. Т. 2. – Ростов н/Д : Общество с ограниченной ответственностью «Манускрипт», 2022. – С. 72–75.

3 AnyLogic [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.anylogic.ru/>. – Дата доступа : 04.05.2023.

4 Дискретно-событийная модель железнодорожного узла в среде AnyLogic / А. А. Любченко [и др.] // Динамика систем, механизмов и машин. – 2016. – Т. 4, № 1. – С. 88–93.

5 Тимченко, В. С. Разработка системы поддержки принятия решений в среде AnyLogic для оценки длительностей занятия приемо-отправочных путей технической станции / В. С. Тимченко, К. Е. Ковалев // Информационные технологии в экономике : материалы. – 2018. – С. 138.

6 Неупокоева, Е. О. Обзор транспортно-логистических имитационных моделей платформы ANYLOGIC CLOUD / Е. О. Неупокоева, В. В. Быстров, С. Н. Малыгина // Труды Кольского научного центра РАН. – 2020. – Т. 11, № 8 (11). – С. 46–57.

УДК 004.946:629.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ VR/AR-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА

А. Г. КАПУСТИН, А. С. ФЕДОРОВИЧ

Белорусская государственная академия авиации, г. Минск

Современное развитие информационных технологий предопределило создание систем виртуальной и расширенной реальности. VR (*Virtual Reality*) переводится как виртуальная реальность. Предложенный термин обозначает полностью созданный компьютером цифровой мир, который никак не связан с местоположением. Чтобы погрузиться в него используют шлем или очки виртуальной реальности. Так же еще используются VR джойстики или сенсорные контроллеры. Система виртуальной реальности погружает пользователя в виртуальную среду, которая генерируется компьютером в интерактивном режиме, а система расширенной реальности «искусственно» изменяет окружающий мир с помощью виртуальной реальности. AR (*Augmented Reality*) переводится как дополненная реальность, в отличие от VR это проникновение в реальный мир цифрового. В образовательных системах под «дополненной реальностью» понимают компьютерную технологию, позволяющую ученику увидеть реальный мир с наложенными на него виртуальными объектами, что создает эффект их присутствия в едином пространстве. MR (*Mixed Reality*) с английского переводится как смешанная реальность. Можно считать, что это разновидность дополненной реальности, когда виртуальные объекты привязаны к местности. В современном мире образовательная сфера конкурирует с развлекательной и нуждается в современном инновационном механизме восприятия информации и формирования интереса к обучению.