

евразийского патентно-информационного пространства. – М.: ИПУ РАН, 2019. – 236 с.

3. *Кульба В.В., Сиротюк В.О., Косяченко С.А.* Информационная безопасность патентных ведомств: теория и практика. – М.: ИПУ РАН, 2017. – 166 с.

4. *Кульба В.В., Ковалевский С.С., Косяченко С.А., Сиротюк В.О.* Теоретические основы проектирования оптимальных структур распределенных баз данных. Серия «Информатизации России на пороге XXI века». – М.: СИНТЕГ, 1999. – 660 с.

5. *Сиротюк В.О.* Цели, задачи и принципы обеспечения безопасности цифровых систем управления интеллектуальной собственностью / Материалы 29-й Международной научной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (ПУБСС'2021, Москва). – М.: ИПУ РАН, 2021. – С. 182-188.

6. *Сиротюк В.О.* Методы анализа и оценки показателей качества патентных данных, используемых при формировании и развитии распределенных патентных информационных фондов / Труды 14-й Международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD-2021). – М.: ИПУ РАН, 2021. – С. 1467-1478.

7. Материалы веб-портала Евразийской патентной организации [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.eapo.org> (дата обращения 12.03.2022).

DOI: 10.25728/iccss.2022.41.63.060

Сидоренко В.Г.

Математические модели и методы управления безопасностью транспортных систем

Аннотация: Работа посвящена анализу возможностей применения различных типов математического аппарата к решению задач управления безопасностью транспортных систем и полученных результатов.

Ключевые слова: безопасность движения, машинное обучение, прогнозирование, транспортная система, теория графов

В [1] определены вызовы безопасности городских транспортных систем, основой для решения которых является комплексный подход к решению задач управления ресурсами разных типов с использованием единого математического аппарата, который базируется на разностороннем анализе статистических данных, использовании методов системного анализа, машинного обучения, генетических алгоритмов, теории управления, оптимизации, графов, экстраполяции.

Получение синергетического эффекта определяется уровнем развития интеллектуальной системы управления производственными ресурсами городской рельсовой транспортной системой (ИСУ ПР ГРТС), синтез структуры которой проведен на базе основных положений теории систем и теории графов [2, 3].

Разработанная архитектура позволяет решать в рамках единого информационного пространства задачи планирования перевозочного процесса, управления движением на разных уровнях, оценки качества движения, управления персоналом, связанного с управлением движением, диагностики исправной работы объектов ГРТС, связанных с управлением движением, и информационного обмена. ИСУ ПР ГРТС включает в себя следующие системы, автоматизирующие процессы, связанные с ресурсами разных типов.

Отличительной чертой ИСУ ПР ГРТС является необходимость собирать и обрабатывать большие объемы гетерогенной информации (данные, речь, видео, результаты телеизмерений и телесигнализации, команды удаленного управления, в том числе ответственные, данные систем контроля доступа на инфраструктуру и др.) с неподвижных и подвижных объектов с соблюдением высоких стандартов защиты от несанкционированного доступа к этой информации. В основе построения маршрутизации лежит использование полносвязной сети. Это позволяет значительно увеличить пропускную способность сети и выполнить требования по защите информации, так как информационные потоки формируются на базе однотипных протоколов с использованием шифрованных меток информационных потоков, что препятствует образованию скрытых каналов передачи.

Взаимодействие элементов ИСУ ПР ГРТС должно быть организовано на основе комбинации подходов, используемых в

области *BigData*, сочетания методологии интернета вещей (*IoT*) и микросервисной архитектуры [3].

Теория графов также находит применение при решении задач централизованного управления совокупностью транспортных средств, анализе топологии транспортной системы и надежности элементов ее инфраструктуры, планировании работы сотрудников ГРТС, разработке графических моделей процессов, автоматизируемых в ИСУ ПР ГРТС [4, 5].

Анализ результатов применения разработанного алгоритма поиска рационального графика работы основных машинистов для Замоскворецкой и Таганско-Краснопресненской линий Московского метрополитена показал возможность экономии трудовых ресурсов машинистов в случае применения автоматизированного планирования их труда на 10-25 %, а также труда сотрудников, составляющих этих графики в случае его автоматизации на основе разработанных алгоритмов [3].

Разработка эвристических алгоритмов централизованного управления движения транспортными средствами ГРТС при компенсируемых возмущениях базируется на учете зависимости ограничений от состояния системы и прогноза случайных возмущений, приводящих к увеличению длительности стоянки с использованием экстраполяторов на базе многочленов Чебышева, работающих в реальном времени [3].

Комплексное решение задач энергооптимального беспилотного управления совокупностью транспортных средств ГРТС позволит обеспечить необходимый уровень качества предоставления транспортных услуг, развитие «зеленой» экономики и бережливого производства на основе использования ранее не доступной в режиме реального времени информации о ходе предоставления транспортных услуг имеет большое значение в современных условиях.

Экстраполяторы также нашли свое применение при обработке информации в реальном времени для оценки состояния транспортных средств при решении задач предиктивной диагностики [3].

Использование положений теории вероятности позволяет решать задачи повышения точности систем технического зрения, используемых для предотвращения столкновения движущегося

поезда с препятствием на пути и обеспечить вероятность опасного отказа, в данном случае – вероятность наезда на препятствие, не более 10 в степени (-8) при доверительной вероятности 0,95 по СИЛ-4 (ГОСТ-Р61508) путем использования алгоритмов многократных измерений до препятствия [6].

Применение различных методов проверки статистических гипотез, например, о равенстве выборочного среднего у двух наборов данных, отличающихся наличием или отсутствием какого-либо аномального состояния, позволили выявить признаки, которые являются значимыми для определения состояния тяговых электродвигателей (ТЭД) транспортных средств или уровня надежности машинистов транспортных средств [3].

Генетические алгоритмы показали свою эффективность при решении широкого круга задач, связанных с планированием использования человеческих и технических ресурсов при составлении планового графика движения транспортных средств, графика оборота подвижного состава, графика работы коллективов работников, обладающих различными компетенциями для выполнения разного вида работ в рамках одного множества [3].

Применение генетических алгоритмов дало положительный эффект, заключающийся в уменьшении времени решения поставленных задач, генерации большого числа допустимых вариантов решения задачи, возможности учета различных ограничений.

Желаемый баланс показателей комфорта при перевозке пассажиров, эффективности работы персонала, поддержания в исправном состоянии транспортных средств на протяжении длительного периода времени, а также затрат энергетических ресурсов во многом обеспечивается за счёт соблюдения принципов равномерности при решении задач планирования [4].

Методы машинного обучения применены для решения задач предиктивной диагностики состояния транспортных средств ГРТС, в частности, разработан алгоритм расчёта вероятности выхода из строя тягового электродвигателя и синтезирована архитектура автокодировщика, решающего эту задачу. Данный алгоритм позволит определять ТЭД с аномальным состоянием [3].

Создание и апробация новых моделей оценки влияния квалификации сотрудников ГРТС и графика их работы на

безопасность движения и показатели эффективности функционирования ГРТС, а также методики снижения этого влияния, речевых технологий и сценарного подхода включало в себя несколько направлений работы.

Комплексный анализ работы машиниста и влияния его квалификации на безопасность движения и показатели эффективности функционирования ГРТС включает в себя следующие направления, решаемые на базе использования технологий искусственного интеллекта и *BigData*:

- расчёт вероятности совершения нарушения машинистом в предстоящей поездке и расчёт уровня надежности машиниста;
- определение рейтинга машиниста;
- математическая модель прогнозирования типа будущих нарушений в зависимости от ранее совершаемых нарушений.

На основе объединения результатов работы алгоритмов происходит разбиение машинистов на группы надежности, автоматизированное формирование списка мероприятий по повышению уровня безопасности движения, контроль проверки их выполнения и анализ достигнутых результатов.

Внедрение подсистемы распознавания речи существенно облегчит процесс взаимодействия сотрудников ГРТС [7].

В качестве основного требования к подсистеме распознавания речи в рамках средств электронного обучения и повышения квалификации персонала, в частности, поездных диспетчеров, выступает точность и надежность модуля преобразования аудиофайла в текст, а также точность разбиения текста на реплики диспетчера и других работников. Система включает модули классификации текста по типу команды, поиска команд в тексте, поиска субъектов и станций в тексте.

Для достижения поставленной цели был разработан классификатор текста по типу сообщения в нем.

В результате обучения нейронной сети классификации предложений на протяжении 100 итераций обучения была достигнута точность прогноза порядка 94-96 % на тестовой выборке.

Сформирован классификатор управляющих команд.

Команды можно классифицировать по объекту управления (команды управления маршрутами, команды управления стрелками

и сигналами) и типу действий (запрет на движение, разрешение на движение и др.).

Разработан алгоритм классификации команд диспетчера на основе обработки текста.

В результате проведенных исследований получены следующие показатели качества распознавания слитной речи: 98,3 % правильно распознанных команд, 0,5 % ошибочно распознанных команд, 1,2 % нераспознанных команд.

Совместно с иностранными студентами исследования проводились не только для русского, но и для китайского и узбекского языков.

Таким образом, в ходе выполнения исследований создана теоретическая база для комплексного решения задач управления безопасностью производственных ресурсов транспортных систем.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, НТУ «Сириус», ОАО «РЖД» и Образовательного Фонда «Талант и успех» в рамках научного проекта № 20-37-51001.

Acknowledgments. The reported study was funded by RFBR, Sirius University of Science and Technology, JSC Russian Railways and Educational Fund "Talent and success", project number 20-37-51001.

Литература:

1. Сидоренко В.Г. Современные вызовы безопасности городских транспортных систем / Материалы XXVIII Международной научной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». – М.: ИПУ РАН, 2020. – С. 434-439. DOI: 10.25728/iccss.2020.35.36.079

2. Кульба В.В., Ковалевский С.С., Косяченко С.А., Кузнецов Н. А. Методы анализа и синтеза модульных информационно-управляющих систем. – М.: Физматлит, 2002. – 800 с.

3. Баранов Л.А., Сидоренко В. Г., Балакина Е. П., Логинова Л.Н., Сафронов А.И. Комплексное решение задач планирования и управления движением городских рельсовых транспортных средств / Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию Университета «Академик Владимир Николаевич Образцов – основоположник

транспортной науки». – М.: РУТ(МИИТ), 2021. – С. 56-64.
DOI: 10.47581/2022/Obrazcov.09

4. Сафронов А.И. Доступность рельсовых транспортных систем города Москвы / Материалы XXIX Международной научной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». – Москва: ИПУ РАН, 2021. – С. 336-342.

5. Баранов Л.А., Ермолин Ю.А. Надежность транспортирующих систем водоотведения крупных городов // Надежность. – 2022. – №2. – С. 3-9.

6. Баранов Л.А., Бестемьянов П.Ф., Балакина Е.П., Охотников А.Л. Методология обоснования требований безопасности при использовании систем технического зрения в интеллектуальных системах управления движением поездов / Материалы Международной научно-практической конференции «Интеллектуальные транспортные системы». – М.: РУТ (МИИТ), 2022. – С. 54-58.

7. Балакина Е.П., Кулагин М.А., Логинова Л.Н., Сидоренко В.Г. Обеспечение безопасности применения речевых технологий в работе оперативного персонала городских рельсовых транспортных систем / Материалы XXIX Международной научной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». – М.: ИПУ РАН, 2021. – С. 355-361.

DOI: 10.25728/iccss.2022.16.56.061

Чернов И.В., Шелков А.Б.

Сценарный анализ проблем развития строительной отрасли в современных условиях

Аннотация: Рассмотрен комплекс проблем повышения эффективности управления развитием строительного комплекса в новых условиях. Представлены результаты сценарного анализа влияния административных барьеров и экономических последствий внешнего санкционного давления на предприятия отрасли.

Ключевые слова: управление, сценарный анализ, строительная отрасль, административные барьеры, санкции