

*Данная работа подготовлена в рамках программы Президиума РАН № 30 (7) «Теория и технологии многоуровневого децентрализованного группового управления в условиях конфликта и кооперации»*

Литература:

1. Антик М.И. Синхронные цифровые автоматы. – М.: МГИРЭиА, 2004. – 99 с.
2. Антик М.И. Теория автоматов в проектировании цифровых схем: учебное пособие. – Москва: МИРЭА, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

---

**Сидоренко В.Г.**

### **Современные вызовы безопасности городских транспортных систем**

**Аннотация:** Статья посвящена анализу современных вызовов безопасности городских транспортных систем. Эффективные ответы на них возможны только на основе синергетического эффекта от комплексного решения возникающих проблем, использования технологий больших данных, создания интегрированных баз знаний моделей и методов управления, которые, как правило, имеют несколько областей применения.

**Ключевые слова:** безопасность движения, оптимизация, машинное обучение, управление ресурсами, транспортная система

Функционирование всех производственных ресурсов транспортного предприятия направлено на организацию перевозочного процесса с целью удовлетворения потребностей пассажиров, грузоотправителей и грузополучателей (далее, потребителей транспортных услуг) с соблюдением необходимого уровня безопасности движения и комфорта. Для городских рельсовых транспортных систем главными потребителями транспортных услуг являются пассажиры, для которых в условиях пандемии вопросы обеспечения комфорта, который тесно связан с обеспечением безопасности самого факта пребывания внутри

транспортного средства и на остановочных пунктах всех видов транспорта, приобретают особую значимость.

Городские рельсовые транспортные системы (пригородное железнодорожное сообщение, метрополитен, трамваи, ГРТС) имеют много общего, а именно:

- малый интервал движения транспортных средств;
- ограничения по использованию инфраструктуры (рельсовых путей, депо, остановочных пунктов);
- ограничения на выбор места остановки и отстоя;
- высокая степень взаимосвязи между управляющими воздействиями, применяемыми к различным транспортным средствам, осуществляющим движение в рамках одной системы;
- высокая степень взаимосвязи между элементами всей транспортной системы города;
- большое количество данных и высокая скорость их передачи при коммуникации потребителей транспортных услуг.
- большое количество информации о ходе предоставления транспортных услуг, собираемой поставщиком услуг и органами местной власти в режиме реального времени.

В связи с этим актуальным является решение следующих задач на основе технологии больших данных.

Построение новых моделей централизованного беспилотного управления электропоездами должно базироваться на интеграции новых оригинальных эвристических алгоритмов и методов машинного обучения [1, 3].

Изменение структуры системы управления может быть обосновано использованием ранее не доступной в режиме реального времени информации о ходе предоставления транспортных услуг. Традиционно алгоритмы управления движением совокупностью поездов на участке железной дороги или на линии метрополитена строились на принципах централизованного управления с использованием методов классической теории управления, теории расписаний, методов оптимизации, теории электрической тяги, системного анализа и имитационного моделирования. Необходимо провести анализ для выявления преимуществ и недостатков построения централизованной или распределенной системы управления движением совокупностью поездов на участке ГРТС и реализовать

в рамках выбранной стратегии новые алгоритмы оперативного управления движением поездов при наличии больших и малых сбоев, а также восстановления движения по плановому графику после ликвидации причин возникновения сбоев. Перспективность использования этого подхода базируется на анализе зарубежного опыта и современных аналогичных работах отечественных ученых, а также на возможности использования технологий big data для получения данных, необходимых для реализации методов машинного обучения [3].

При малых сбоях первостепенную важность для управления движением поездов имеет реализация эффективных графических, графико-интервальных и интервальных алгоритмов управления временем хода электропоездов по перегонам. Качество функционирования этих алгоритмов во многом определяется свойствами используемых моделей прогнозирования заполненности платформ [1]. В настоящее время наработан большой опыт построения подобных моделей с использованием теории вероятности и имитационного моделирования [6]. Совместное использование новых моделей прогнозирования заполненности платформ с учетом новых источников информации и возможностей для организации взаимодействия разных видов транспорта, чьи маршруты проходят параллельно, с новыми алгоритмами управления движением совокупностью поездов на участке железной дороги или на линии метрополитена должно дать синергетический эффект, приводящий к повышению эффективности управления, повышению точности соблюдения планового графика движения поездов. Эти результаты могут представлять интерес, как для подразделений ОАО «РЖД», занимающихся организацией движения поездов на территории городов, так и городских структур, занимающихся организацией движения городского общественного транспорта, так как позволят повысить эффективность их взаимодействия. Полигоном для испытаний этих алгоритмов может служить Московский метрополитен, МЦК и МЦД.

Создание интеллектуальной системы планирования движения поездов ГРТС, бизнес-логика которой включает в себя опыт планирования перевозочного процесса магистральных железных дорог и метрополитенов, станет инновационным инструментом

решения задач, стоящих перед ОАО «РЖД» и городскими службами в этом направлении. Алгоритмы управления, реализованные в этой системе, предполагается создавать с использованием методов машинного обучения, в первую очередь, предполагается использовать для этого генетические алгоритмы, применение которых для построения графика оборота подвижного состава уже дало положительный эффект, заключающийся в уменьшении времени решения поставленных задач, генерации большого числа допустимых вариантов решения задачи, возможности учета различных ограничений [7]. Исследована возможность применения генетических алгоритмов для задач планирования перевозочного процесса на примере решения задач планирования технического обслуживания электроподвижного состава метрополитена при использовании различных множеств ресурсов, в том числе и в условиях наличия недостаточных ресурсов, позволяет эффективно и оперативно учитывать изменение условий при автоматизации технического обслуживания электроподвижного состава метрополитена.

Создание новых моделей оценки состояния электропоездов, отличающихся от известных учетом новых видов информации, накапливаемой в автоматизированных системах управления (АСУ) ОАО «РЖД», организаций, предоставляющих услуги ГРТС, и городских органов управления, и расширением множества учитываемых факторов, позволит:

- проводить оценку состояния электропоездов, прогнозирование работоспособности электропоездов и необходимости непланового осмотра и ремонта;
- усовершенствовать процесс составления графика оборота подвижного состава и его адаптации под динамически изменяющиеся условия;
- повысить эффективность управления электроподвижным составом ГРТС, а именно, повысить уровень работоспособности и снизить вероятность непланового ремонта и размер издержек на ремонт.

Создание новых моделей управления людскими ресурсами, непосредственно связанных с управлением движением электропоездов, имеет особое значение при поэтапном внедрении систем автоматического управления движением электропоездов ГРТС от уровня автоматизации *GoA0* к уровню автоматизации

GoA4 по классификации Международной ассоциации общественного транспорта. С одной стороны, постепенное сокращение персонала требует постоянного пересмотра графика его работы, поддержки необходимого уровня квалификации и строгого контроля его влияния на безопасность движения [5]. В настоящее время создается информационное, математическое, методическое и программное обеспечение автоматизации построения графика работы локомотивных бригад в условиях метрополитена, а также организации работы проектных команд, занимающихся созданием средств автоматизации [4]. С другой стороны, для создания средств автоматизации, которые в большинстве случаев являются экспертными системами или системами поддержки принятия решения, необходим анализ человеческого опыта при принятии управленческих решений, что во многих случаях требует анализа не только информации о состоянии тех или иных технических объектов, собранной различными АСУ, но и анализа речевой информации [2].

Высокий уровень развития средств информатизации и автоматизации, который постоянно повышается в рамках реализации концепции «Цифровая железная дорога», позволяет получать, хранить и обрабатывать огромные массивы данных, то есть внедрять и развивать технологии больших данных (bigdata), что имеет первостепенное значение для решения поставленных задач.

Решение совокупности поставленных задач позволит провести оптимизацию человеческих, инфраструктурных, информационных, а значит и финансовых производственных ресурсов в смысле выбранного для каждого из типов ресурсов критерия, повысить безопасность городских транспортных систем.

#### Литература:

1. *Баранов Л.А., Балакина Е.П., Иконников С.Е., Антонов Д.А.* Централизованное управление движением поездов городских железных дорог современного мегаполиса//Наука и техника транспорта. – 2020. – № 1. – С. 30-38.
2. *Хромов С.К., Кулагин М.А.* Автоматизация сопровождения пользователей информационных и автоматизированных систем на базе искусственного интеллекта//Информатизация образования и науки. – 2019. – №3(43). – С. 50-59.

3. Розенберг Е.Н., Лысиков М.Г., Ольшанский А.М., Игнатенков А.В. Гибридное нейросетевое управление транспортными системами//Автоматика. Связь. Информатика. – 2017. – №12. – С. 2-5.

4. Маркевич А.В., Сидоренко В.Г. Автоматизация управления распределением трудовых ресурсов с использованием генетического алгоритма//Информатизация образования и науки. – 2019. – № 3. – С. 36-49.

5. Кулагин М.А., Маркевич А.В., Сидоренко В.Г. Влияние человеческого фактора на безопасность движения поездов / Материалы XXVII Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем» (ПУБСС 2019), 18 декабря 2019 г. – М.: ИПУ РАН, 2019. – С. 265-270.

6. Исаков Т.А., Сидоренко В.Г. Математическая модель взаимодействия клиентских групп пешеходов внутри транспортного узла//Электроника и электрооборудование транспорта. – 2016. – №6. – С. 32-35.

7. Сидоренко В.Г., Чжо М.А., Алексеев В.М., Розенберг Е.Н., Уманский В.И. Планирование обслуживания электроподвижного состава в условиях ограниченных ресурсов//Электротехника. – 2017. – № 12. – С. 73-76.

---

**Пудовиков О.Е.**

### **Выбор алгоритмов и параметров системы автоматического управления скоростью длинносоставных тяжеловесных поездов по критерию безопасности движения**

**Аннотация:** Нерациональное управление тяговыми и тормозными средствами длинносоставных грузовых поездов способствует возникновению предпосылок к аварийным ситуациям, представляющих угрозу безопасности движения. В работе рассмотрен подход к выбору структуры и параметров системы автоматического управления скоростью движения грузового поезда с сосредоточенной или распределённой тягой. Предложенные решения позволяют обеспечить требуемый уровень качества управления скоростью, а также повысить