

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

И.А. Кузнецов (ОАО «НИИАС»)

Представлен обзор докладов I научно-технической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте – ИСУЖТ-2012».

Ключевые слова: интеллектуальные системы управления, железнодорожный транспорт, моделирование, мультиагентные технологии, методы искусственного интеллекта.

15–16 ноября 2012 г. в Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ) прошла I научно-техническая конференция «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте — ИСУЖТ-2012». Инициатором и основным организатором конференции выступил Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (ОАО «НИИАС»), на который руководство отрасли возложило задачи по созданию ИСУЖТ — Единой интеллектуальной системы управления железнодорожным транспортом. Организаторами конференции также стали: Российская академия наук, Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ), Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (ИРЭ РАН). Конференцию поддержала компания IBM.

Приветствие участникам конференции ИСУЖТ-2012 направили президент ОАО «РЖД» В.И. Якунин, член Президиума РАН академик Ю. В. Гуляев, президент Российской академии транспорта А.С. Мишарин. В приветствиях отмечается большая значимость конференции для железнодорожной отрасли, так как создание интеллектуальных систем управления, предусмотренное стратегией развития железнодорожного транспорта до 2030 г., является необходимым условием для успешного реформирования и повышения эффективности отрасли. При этом подчеркивается важность сплочения прикладной науки и науки фундаментальной, прежде всего в лице Российской академии наук.

Открыл конференцию Первый заместитель генерального директора ОАО «НИИАС» В.Г. Матюхин. С приветственным словом выступили председатель Совета РФФИ академик В.Я. Панченко, заместитель начальника центра по технологической координации ОАО «РЖД» В.А. Шаров и проректор по научной работе Московского государственного университета путей сообщения В.М. Круглов.

Программа конференции предусматривала проведение пленарного заседания, а затем трех тематических секций: «Управление перевозочным процессом, планирование и прогнозирование перевозок», «Управление инфраструктурой железнодорожного

транспорта», «Управление безопасностью, информационное и технологическое обеспечение на железнодорожном транспорте».

На пленарном заседании одним из наиболее значимых с точки зрения тематики конференции был доклад А.Б. Шабунина «ИСУЖТ. Концепция и реализация». В нем отражены основные черты будущей единой интеллектуальной управляющей системы для железнодорожного транспорта, к созданию которой приступило ОАО «НИИАС». В частности, обозначены базовые принципы: активная роль системы в процессе управления (выдача заданий персоналу и контроль их выполнения), реальный масштаб времени, комплексная технология и реализация сквозного производственного процесса, создание комплексных полнофункциональных АРМ, адаптивное планирование на основе мультиагентных технологий и других методов искусственного интеллекта. Представлены технические решения: единая технологическая платформа, включающая программную платформу общего назначения, язык программирования платформы (DSL-I) и отраслевой язык программирования (DSL-II), динамическая объектная модель предметной области, интерфейсные элементы и т.п. Названы пилотные полигоны, работы на которых уже активно ведутся: Санкт-Петербург — Москва (основная задача: ввод в расписание опаздывающих пассажирских поездов, в том числе скоростных поездов «Сапсан», а также пригородных поездов) и Мариинск — Находка (основная задача: регулирование тяговых ресурсов и обеспечение согласованного ритмичного движения грузовых поездов по нескольким дорогам).

Доклад, подготовленный А.В. Чеховым и Е.И. Гончаровой (ОАО «НИИАС») совместно с В.Н. Сафроновым (Центр управления тяговыми ресурсами Восточного полигона ОАО «РЖД») детализирует вопросы реализации ИСУЖТ для Восточного полигона (Мариинск — Находка). Выделены ключевые особенности полигона, а также основные проблемы: увеличение требуемого объема перевозок в сочетании с дефицитом тяговых ресурсов в связи с неравномерным движением и низкой участковой скоростью, большое число «брошенных» поездов, невыполнение плана ремонтно-путевых работ и т.п. Для преодоления этих

проблем в апреле 2012 г. создан Центр управления тяговыми ресурсами (ЦУТР) Восточного полигона. Задачи первой очереди проекта ИСУЖТ на Восточном полигоне направлены на повышение качества оперативного управления тяговыми ресурсами. В ходе реализации проекта в части планирования будут разработаны интеллектуальные агенты-планировщики многодневного (3...7 сут.) объемного (укрупненного) планирования поездной работы, многодневного (трое суток) объемного регулирования локомотивами, многодневного (1...2 дня) объемного регулирования локомотивными бригадами, сменного-суточного объемного планирования тяговых ресурсов, текущего объектного (детализированного) планирования прикрепления тяговых ресурсов на выделенных станциях и участках полигона.

На конференции особое внимание было уделено применению мультиагентного подхода к планированию и управлению на железнодорожном транспорте. Этой тематике было посвящено несколько докладов, из них один пленарный: «Об исследовании сетевых моделей многоагентных систем в XXI веке» (П. Ю. Чеботарев, ИПУ РАН). В докладе дан обзор российских и зарубежных научных публикаций по теме мультиагентных систем, проведен анализ тенденций, описаны основные модели децентрализованного управления мультиагентными системами. В частности, обсуждаются критерии достижения консенсуса, то есть гарантированного стремления состояний агентов к одному вектору в моделях различного типа. Что касается применения мультиагентных систем в задачах управления на транспорте, автор доклада считает данное направление перспективным, однако сравнительно малоисследованным и недостаточно апробированным. Например, характерной чертой большинства известных мультиагентных моделей является однородность множества агентов. В то же время для задач управления на транспорте характерно присутствие агентов различных типов. Отмечается, что мультиагентные технологии планирования перевозок активно развиваются, но пока не доминируют даже среди теоретических разработок. Если говорить о мультиагентных технологиях решения оптимизационных задач в целом, то они оказываются эффективными в смысле времени вычислений, если общая задача поддается иерархической декомпозиции. В то же время для слабоструктурированных задач многоагентные решения часто уступают по качеству решениям, полученным традиционными методами.

Еще одним направлением исследований, активно обсуждаемым на конференции, стало имитационное моделирование. Пленарный доклад В. В. Доенина (МИИТ) был посвящен моделированию пассажирских потоков. По мнению автора, традиционные подходы — модели гидро-, газодинамической аналогии и модели случайных процессов перемещения дискретного множества частиц на основе использования теории систем массового обслуживания далеко не всегда могут эф-

фективно применяться для анализа поведения конкретных транспортных систем. Альтернативный подход, предложенный автором доклада, предназначен для исследования систем, которые состоят из дискретного множества элементов, перемещающихся в дискретном пространстве в дискретные моменты времени, и при этом каждый элемент может принимать решение о том, что необходимо сделать на следующем шаге, исходя из анализа своего собственного или состояния всей среды в целом на данном шаге. Поведение этих элементов описывается характеристическими функциями, учитывающими также взаимодействие элементов и наличие внешних возмущений. Данный подход был успешно использован, в частности, при создании имитационной модели пассажиропотоков в вестибюле станции метро «Тимирязевская». Модель оказалась полезной для решения вопросов о рациональном распределении оборудования: билетных касс, автоматов, турникетов и тому подобное.

Из пленарных докладов хотелось бы выделить также доклад Д. Ю. Левина (МИИТ) и С. В. Толмачева (ИПУ РАН) «Управление технологической безопасностью». Авторы отмечают, что для достижения достаточного уровня безопасности на железнодорожном транспорте необходимо повышение степени автоматизации управления ТП с целью предотвращения ошибок дежурно-диспетчерского персонала. Для этого предлагается использовать дискретно-событийное моделирование и методы супервизорного (диспетчерского) управления. Событийное моделирование основано на введении активных сценариев, которые моделируют регламенты, нормативно-технологические документы и алгоритмы воздействия на объект управления. Например, моделирование движения поездов на станции позволяет имитировать реальные события по приему, отправлению и пропуску поездов, как это представлено на пульте-табло дежурного по станции, но позволяет рассматривать события не только в реальном времени, а при необходимости прошлые, будущие и возможные события в любом масштабе времени. Из возможных вариантов маршрутов следования поездов выбирается наилучший вариант (например, при обнаружении «враждебности» или препятствия рассмотрение этого варианта прекращается и рассматривается другой вариант маршрута следования поезда). Модель позволяет быстро рассмотреть значительно больше вариантов, чем может человек в условиях дефицита времени.

Секция «Управление перевозочным процессом, планирование и прогнозирование перевозок» была самой представительной по числу докладов, поэтому ее работа продолжалась в течении двух дней.

В докладе «Решение конфликтов движения поездов в реальном времени с использованием мультиагентных технологий» (С. В. Сазуров, Е. В. Курбатов, Д. В. Дмитриев — ООО «ПрограмПарк»; П. О. Скобелев — ИПУСС РАН; И. А. Бабанин, С. С. Кожевников, М. Е. Степанов, Е. В. Симонова, А. В. Ца-

рев — ООО НПК «Разумные решения») представлена реализация мультиагентного подхода для адаптивного управления ресурсами ОАО «РЖД» в реальном времени на участке Москва — Санкт-Петербург, при котором план пропуска поездов строится как динамическая сеть потребностей и возможностей поездов, станций, участков путей и других элементов. Планированием ввода поездов в график будут заниматься шесть мультиагентных планировщиков: планировщики на каждый диспетчерский круг и отдельный планировщик на все направление. В модуле адаптивного планирования каждой заявке потребности на перевозку пассажирского поезда и каждому поезду сопоставляются агенты, которые в ходе переговоров выбирают решение в соответствии с логикой принятия решений и переговоров по планированию, реализованной в системе. Для оценки качества найденного решения модуль планирования на каждом шаге рассчитывает KPI (Key Performance Indicator, ключевой показатель эффективности), являющийся значением сложной функции, зависящей от ряда параметров: опоздания и приоритета поездов, выезд на встречный путь и др. Цикл шагов повторяется до тех пор, пока изменение KPI в ходе пересчетов не стабилизируется. Предлагаемый метод призван апробировать методы и подходы реализации проекта создания Единой интеллектуальной системы управления железнодорожным транспортом (ИСУЖТ).

Доклад «Решение задач адаптивного планирование перевозочного процесса в масштабе РВ в условиях ограничения ресурсов» Н. Г. Рябых (ООО «ПрограмПарк»), как и предыдущий доклад, описывает применение мультиагентных технологий для планирования железнодорожных перевозок, но в нем суть мультиагентного подхода сформулирована более четко. Для определения агентов применяется BDI-модель (Belief-Desire-Intention), которая позволяет определить для каждого агента базу знаний и правила поведения (цели, а также планы, которые умеет выполнять агент), после чего мультиагентная система будет самостоятельно решать общую задачу через взаимодействие агентов друг с другом. Главной задачей адаптивного планирования является максимально возможное сохранение изначально утвержденного плана при перепланировании из-за поступления новых фактов, вносящих возмущения.

Интересный доклад подготовили А. П. Калуцкая и О. М. Цыганова (ОАО «НИИАС»): «Процессный подход к проектированию информационно-управляющих систем на железнодорожном транспорте». Процессный подход, который было решено использовать при разработке ИСУЖТ, подразумевает формирование комплексной процессной модели производственной деятельности ОАО «РЖД» как методологической основы для проектирования, реализации и внедрения систем управления на железнодорожном транспорте. При этом модели не являются дополнением к формализованному (в техническом задании, техниче-

ском проекте) описанию системы. Они сами по себе являются формализованным описанием, на основе которого разрабатываются проектные документы. На основе процессной модели часть разделов рабочей документации проекта формируется автоматически. Технология работы по проектированию системы заключается в совместном построении экспертами и аналитиками моделей онтологии (статическое описание) и процессов (динамическое описание). Кроме того, модели содержат описание информационного ландшафта (внешние информационные системы и информационный обмен, который должен происходить при реализации процессов), организационной структуры ОАО «РЖД», а также макеты форм визуального интерфейса АРМ пользователей с привязкой к функциям процессов. В качестве инструмента для разработки моделей используется ПО ARIS.

В докладе А. Ф. Бородина (ОАО «НИИАС») перечислены необходимые элементы новизны и эффективности создаваемой ИСУЖТ в части управления перевозочным процессом, а также рассмотрено применение схожих принципов в уже разработанной ОАО «НИИАС» автоматизированной системе «Прогресс», в которой реализована имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО «РЖД». Система рассчитывает загрузку сети плановыми грузевыми и порожними вагонопотоками, вычисляет размеры движения с учетом весов и длин составов для каждого назначения поездов, сопоставляет потребные ресурсы с имеющимися с учетом текущей эксплуатационной ситуации, позволяет моделировать мероприятия по обеспечению выполнения предъявляемых перевозок. Важным отличием АСУ «Прогресс» от прежних расчетных систем является наличие запрограммированных уравнений перехода, с помощью которых можно моделировать развитие эксплуатационных затруднений при дефиците ресурсов. В результате можно вычислить баланс провозной способности, при котором сохраняется нормальное взаимодействие станций и участков.

Доклад А. А. Лазарева (МГУ им. М. В. Ломоносова), Е. Г. Мусатовой, Н. Ф. Хуснуллиной (ИПУ РАН) иллюстрирует сложность применения точных методов оптимизации к задачам железнодорожной сети, прежде всего, в силу большой размерности подобных задач. В докладе рассматривается построение расписания движения поездов (максимальная длина поезда — два вагона) между тремя станциями (в треугольной конфигурации сети) с одним локомотивом. По мнению авторов, для такого случая оказывается эффективным метод динамического программирования. В качестве минимизируемой целевой функции выбрано среднее время доставки заказов (вагонов) по назначению. Сложность полученного алгоритма оказалась  $O(n^8)$  операций, где  $n$  — число заказов. При этом в ходе вычислительного эксперимента максимальное число обрабатываемых заказов достигло 660 ед. Однако авторы не теряют оптимизма и видят перспективы исследо-

вания в повышении производительности алгоритма (в частности, за счет получения более точных оценок для отсекаемых заведомо неперспективных веток решений, а также за счет параллелизации), рассмотрении других конфигураций сети станций, рассмотрении доставки поездов несколькими локомотивами, построении распределенной памяти для решения задачи существенно большей размерности.

На секции «Управление инфраструктурой железнодорожного транспорта» отметим доклад В.Л. Павлова (ОАО «НИИАС») «Интеллектуальная система оценки пропускной способности участков железных дорог», где в качестве инструментального средства использована система имитационного моделирования на основе GPSS WORLD. Цель данного имитационного исследования — комплексная оценка показателей пропускной способности участков железных дорог. Двухпутный участок, оснащенный автоблокировкой, представляется многофазной системой массового обслуживания, включающей приборы (блок-участки) и многоканальные устройства (станции), емкость которых соответствует числу приемо-отправочных путей. По результатам моделирования определяются дополнительные частные показатели

оценки пропускной способности: коэффициенты загрузки блок-участков и количество поездов, прошедших на различные сигналы светофора.

Всего на конференции было заслушано свыше 70 докладов и сообщений. Около 40 докладов содержали результаты научных исследований по конкурсу прикладных фундаментальных исследований, проводимому РФФИ в интересах ОАО «РЖД».

Рассмотренные на конференции вопросы касаются сложных многоплановых задач железнодорожного транспорта, решение которых является критически важным для обеспечения устойчивого развития российской экономики в целом. Участники конференции сошлись во мнении, что разработка и внедрение на сети железных дорог комплекса информационных технологий на базе единой интеллектуальной системы управления и автоматизации производственных процессов является важнейшим направлением в развитии железнодорожной отрасли. В связи с этим будем надеяться, что работа в данном направлении с учетом имеющегося в России и за рубежом научного и практического опыта будет набирать обороты, а конференция ИСУЖТ станет ежегодной.

*Кузнецов Илья Анатольевич — главный специалист ОАО «НИИАС».  
Контактный телефон (910) 441-57-11.  
E-mail: i441@mail.ru*

### **Schneider Electric предоставил одной из крупнейших кондитерских фабрик России комплексное сервисное обслуживание**

Фабрика "Красный Октябрь" — широко известная своей продукцией кондитерская фабрика России, входящая в холдинг "Объединенные кондитеры". Составными частями производства являются технологические линии, на которых производятся кондитерские изделия, и упаковочное производство, одинаково значимые в процессе изготовления продукции. Очень широкий ассортимент выпускаемых кондитерских изделий обуславливает необходимость сложной и хорошо налаженной многоступенчатой системы упаковки. Без упаковки, как известно, товар не может быть реализован, именно поэтому упаковочное производство является одним из ключевых аспектов производственного процесса.

Остановка технологических или упаковочных линий влечет за собой колоссальные убытки, поэтому одной из первоочередных задач кондитерского производства является снижение рисков его остановки. Эта цель достигается, в том числе и благодаря правильной системе энергоснабжения и распределения электроэнергии на предприятии, а также систем резервного питания и промышленной автоматизации. Кроме того, немаловажно, чтобы в случае возникновения экстренной ситуации на производстве по вине сбоя в работе инженерных подсистем время простоя было минимальным.

Электроснабжение фабрики "Красный Октябрь" обеспечивает оборудование среднего и низкого напряжения Schneider Electric. Перечень оборудования включает: модульные ячейки среднего напряжения в металлических корпусах SM6, сухие трансформаторы с литой изоляцией Trihal, шиты низкого напряжения Okkel и "артерию" между цехами и производствами фабрики — шинопровод Canalis, который является последовательной и полноценной системой шинопроводов для распределения электроэнергии и осветительной нагрузки во всех типах зданий.

Для решения поставленных задач по оптимизации обслуживания фабрики "Красный Октябрь" компания Schneider Electric предложила холдингу "Объединенные кондитеры" контракт на комплексное сервисное обслуживание и эксплуатацию инженерных подсистем: систем распределения низкого и среднего напряжения, резервного питания и систем промышленной автоматизации.

На первом этапе инженерной группой компании Schneider Electric был проведен технический аудит с анализом работы и рисков упаковочного производства, была дана оценка надежности оборудования и получена информация о нагрузках на оборудование среднего напряжения. По итогам данного анализа сервисной группой были предложены комплексные решения для минимизации рисков аварий, простоев и оптимизации работы производства, что в свою очередь повлияло на улучшение экономической составляющей всего производства.

Благодаря предварительному техническому обследованию, проведенному специалистами Schneider Electric, заказчик получил удаленный доступ к детализированной информации о состоянии парка оборудования среднего напряжения на предприятии. Вся информация была включена в базу IB Suite от Schneider Electric, к которой заказчику был предоставлен доступ через Web.

Согласно условиям заключенного сервисного контракта в штате сервисного подразделения компании Schneider Electric выделен фокусированный инженер, ответственный за данное производство, бригада инженеров, готовая выехать на объект заказчика в случае аварии и быть на месте в течение 4 часов, а также 24/7 поддержка и консультации по телефону силами дежурных инженеров. Сервисный контракт компании Schneider Electric также включает ежегодное/ежеквартальное (в зависимости от типа оборудования) техническое обслуживание оборудования сервис-инженерами. Таким образом, каждый год/квартал проводится анализ рисков, на основе которого есть возможность следить за изменением состояния оборудования.

Создание эффективной системы профилактики для компании Schneider Electric является первоочередной задачей. Инженерная группа старается не только не допустить аварии на производстве и остановки оборудования, но также предотвратить ее, используя методики, технологии, квалификацию и мировой опыт компании. Проводимый анализ рисков позволяет оптимизировать затраты на сервисный контракт на последующий год, что дает возможность резко снизить операционные расходы заказчика. Немаловажную роль здесь играет и сокращение расходов заказчика на запасные части (ЗИП), которые в случае заключения сервисного контракта компания Schneider Electric хранит на своем сервисном складе и берет на себя обязательства предоставлять необходимое оборудование в течение 12 ч.

Тем самым заказчику больше не нужно тратить средства на обслуживание инженерных подсистем большим штатом сотрудников, достаточно лишь поддерживать оперативный персонал, что значительно снижает ОРЕХ, оптимизирует бюджет и повышает финансовую привлекательность компании.

Имея опыт работы и с другими предприятиями кондитерской промышленности в России и мире, компания Schneider Electric видит большой потенциал в дальнейшей совместной с холдингом "Объединенные кондитеры" работе над решением вопросов автоматизации инженерных подсистем, в том числе IT, систем охлаждения, АСУТП и диспетчеризации.

[Http://www.siemens.ru](http://www.siemens.ru)