

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССНО-ОБЪЕКТНОГО ПОДХОДА В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Определены ключевые проблемы, затрудняющие разработку комплексных информационных решений в сфере управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте. Изложен принцип применения процессно-объектного подхода к формированию гибридного решателя задач в интеллектуальной транспортной системе, обеспечивающего поиск сложных управляющих решений как в априорных, так и в апостериорных моделях. Описан эффект от реализации отдельных компонентов Интеллектуальной системы управления перевозочным процессом на Белорусской железной дороге.

Ключевые слова: интеллектуальная система, перевозочный процесс, управляющее решение, процессно-объектный подход.

Введение. Развитие интеллектуальных систем на транспорте сталкивается с рядом существенных затруднений, которые существенно ограничивают их применение. Эти затруднения обусловлены как общими для сферы интеллектуальных систем трудностями, описанными в исследованиях [1], так и специфическими особенностями транспортной деятельности на железнодорожном транспорте. Эти особенности связаны с фундаментальными изменениями в подходах к организации транспортного бизнеса и структуре информационных технологий, применяемых железнодорожными администрациями для управления перевозками.

Ограничения развития информационных и интеллектуальных систем характерные для иностранных железнодорожных администраций связаны с ключевой организационной особенностью – необходимостью интеграции разнообразных транспортных систем для создания единого полигона. Это определяет первоочередные для них задачи в сфере цифровой трансформации железнодорожных перевозок:

- интеграция комплексов информационных технологий различных железнодорожных администраций, развивавшихся независимо друг от друга в течение продолжительного времени;
- определение единых стандартов в отрасли и осуществление первоочередной цифровой трансформации «ключевых» процессов при сохранении систем планирования и управления в рамках собственных разработок участников перевозочного процесса;
- обеспечение многовекторности модели транспортного бизнеса из-за значительного числа заинтересованных сторон, обусловленной множественностью целей перевозочного процесса.

Для железных дорог пространства колеи 1520 мм характерна несколько иная проблематика, создающая сложности при разработке комплексных информационных решений в сфере управления перевозочным процессом:

- наличие информационных систем разных разработчиков, возникших в результате конкуренции научных центров в советском и постсоветском периоде, а также создание собственных центров разработок железнодорожными администрациями на современном этапе;
- информационные системы, разрабатываемые на протяжении длительного времени, были предназначены для решения конкретных управленческих задач без использования централизованных баз данных и с большим объемом ручного ввода информации.

Однако, наличие комплексного подхода в стратегии цифровизации транспорта, обеспечило своевременное формирования необходимого фундамент для интеллектуализации управления транспортными процессами. В настоящее время активно разрабатываются и успешно внедряются интегрированные информационные системы, которые охватывают широкий спектр эксплуа-

тационных событий и обеспечивают информатизацию ключевых технологических процессов [3]. Они являются основой для создания интеллектуальной транспортной системы.

Следует отметить, что процесс разработки и внедрения интеллектуальной транспортной системы является фрагментарным и охватывает только отдельные технологические процессы. Большинство функционирующих и внедряемых информационных систем все еще остаются «интеллектуализированными», в которых окончательные решения принимаются людьми, и лишь некоторые элементы можно отнести к интеллектуальным в классическом их понимании [3].

Исследования [6] выделяют два основных типа интеллектуальных систем в области искусственного интеллекта и нейронных сетей.

Первый тип – традиционные интеллектуальные системы, где функционирование начинается с определения целей, трансформирующихся в процессе поиска решений в конечный результат. Данный тип систем, очевидно, применим для решения задач, имеющих достаточно четкую формулировку конечных целей. В транспортной сфере такие задачи ставятся в системах непосредственно управляющих процессом движения, системах поддержки деятельности людей в «однозначно трактуемых» процессах (например, системы по распознаванию голоса и его трансформации в документацию различного рода), системах предиктивной диагностики с применением технологий BigData и др.

Второй тип – системы интеллектуального поиска, где единая цель поискового процесса не формулируется, а вместо этого используется система множественных промежуточных целей-результатов, которые возникают и анализируются в процессе функционирования системы. Такой тип систем обычно считается неприменимым в управлении транспортной деятельностью из-за традиционного представления о невозможности организации перевозочного процесса без заранее определенной цели.

Однако, анализ систем управления железнодорожным транспортом, их специфика, многовекторность и динамичность изменения целей и способов поиска управленческих решений на разных уровнях управления приводит к выводу о необходимости объединения двух подходов к построению интеллектуальных систем в интеллектуальной системе управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте (ИСУПП) с четким пониманием сфер эффективного применения каждого из них (рисунок 1).

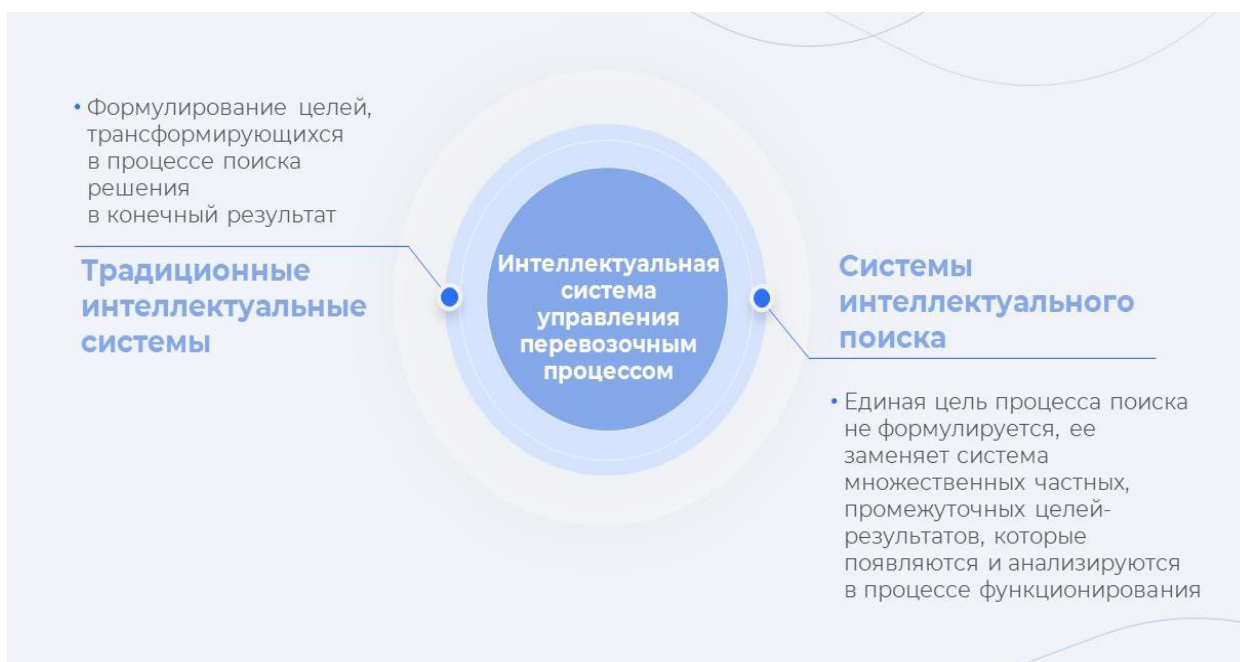


Рис. 1. Ключевые принципы ИСУПП

Для реализации заявленного подхода при создании ИСУПП разработаны и систематизированы теоретические принципы, методы, модели и технологии интеллектуального управления. Это позволяет сформировать единую технологию управления перевозочным процессом,

обеспечивающую повышение эффективности перевозочной деятельности, уровня безопасности перевозок и качества предоставляемых услуг [3].

Создание ИСУПП требует определения конечных и промежуточных целей перевозочного процесса для всех заинтересованных сторон. Понимание множественности этих целей в различных эксплуатационных ситуациях, обусловленных внешними факторами, способствует накоплению опыта, самообучению и формированию базы знаний, необходимых для разработки интеллектуальной транспортной системы. Без этого, попытки ее создания могут ограничиться решением отдельных локальных задач.

Принципы построения ИСУПП, позволяющей разрешить принципиальные противоречия целей и методов решения задач управления перевозочным процессом, разработаны в исследованиях [4, 5, 7, 8, 9].

ИСУПП позволяет эффективно объединять преимущества планового и оперативного управления, обеспечивая гибкий переход от одних методов к другим в зависимости от доступной информации о текущей эксплуатационной ситуации.

Оценка эффективности функционирования ИСУПП будет различаться для планового и оперативного управления (рисунок 2).

Все функциональные возможности ИСУПП (рисунок 2) являются особенностями компонента приобретения знаний экспертных систем. Для этого в системе должен быть предусмотрен механизм формирования управляющих решений (УР) как в априорных, так и в апостериорных моделях [3].

Априорные модели представляют собой математические модели, применяемые для многокритериального принятия решений. В них структура и общий вид критерия определяются заранее, то есть вся информация, необходимая для формирования решения, содержится в формальной постановке задачи.

В ИСУПП априорные модели характерны для решения эксплуатационных задач планирования (годового, среднесрочного и оперативного), так как они предполагают формирование УР до начала реализации технологического процесса.

Апостериорные модели представляют собой математические модели, которые используют информацию, известную после наступления событий в системе управления, то есть «после опыта». Необходимость их применения на транспорте обусловлена следующими причинами:

- сформированные в априорных моделях управляющие решения не могут быть реализованы, так как изменились условия функционирования;
- априорные модели не позволили получить управляющие решения с необходимым уровнем детализации;
- при разработке априорных планов использовалась информация со значительной погрешностью, что требует уточнения разработанных управляющих решений.

Процесс принятия УР как при плановом, так и при оперативном управлении, часто осуществляется в условиях неполной и недостоверной информации о состоянии перевозочного процесса, а некоторые параметры или показатели качества могут быть неопределенными или случайными. В некоторых случаях возможно использование данных и знаний для определения вероятностных характеристик задач, в других случаях это может быть невозможно [2].

Управляющие решения могут формулироваться в виде чистых или смешанных стратегий. Чистые стратегии представляют собой оптимальные планы решения эксплуатационных задач в виде векторов. Смешанные стратегии являются вероятностными распределениями компонентов оптимального плана, которые зависят от текущей эксплуатационной ситуации.

В качестве инструмента формирования эффективных управленческих решений в ИСУПП предлагается использовать гибридный решатель задач.



Рис. 2. Оценка эффективности и функциональные возможности ИСУПП

Гибридный решатель задач (ГБРЗ) представляет собой инструмент, который обеспечивает согласованное использование различных моделей при решении сложных задач.

Основная проблематика построения ГБРЗ заключается в формировании принципов, обеспечивающих возможность согласованного использования различных моделей при решении комплексных задач.

ГБРЗ должен удовлетворять следующим требованиям:

- в каждый конкретный момент времени ГБРЗ должен обеспечивать решение установленной эксплуатационной задачи за заранее установленное время, при этом результат решения должен удовлетворять определенным установленным требованиям (например, по формату решения, точности, приемлемому диапазону и т.п.). Корректность результатов должна определяться при процедуре верификации. Для явно сформулированных задач ГБРЗ должен давать какой-либо ответ за заранее установленное время. При этом ответ может быть отрицательным (отсутствие приемлемого управленческого решения), в т.ч. по причине недостатка времени на его поиск;
- обеспечивать согласованное использование различных моделей при решении комплексных задач;
- быть легко модифицируемым. Это может достигаться путем разделения ГБРЗ на независимые уровни и обеспечения максимальной независимости компонентов друг от друга, что позволит вносить локальные изменения. Для модифицируемости необходимы готовые компоненты, которые могут быть интегрированы в ГБРЗ при необходимости. В ИСУПП для этих целей должны присутствовать инструменты, позволяющие вносить изменения в процессе эксплуатации системы.
- обладать функциональной и объектной полнотой, т.е. способен решать все имеющиеся и потенциально возможные эксплуатационные задачи;
- обладать свойствами комплексности и совместимости, т.е. реализовывать различные модели решения задач и обеспечивать их совместимость в рамках одного ГБРЗ при решении комплексных задач.

Применение процессно-объектного подхода позволяет оценить текущий уровень автоматизации и операционной эффективности деятельности непосредственно на объектах инфраструктуры (рисунок 3), а также установить параметры ГБРЗ через систему показателей и аналитических разрезов.

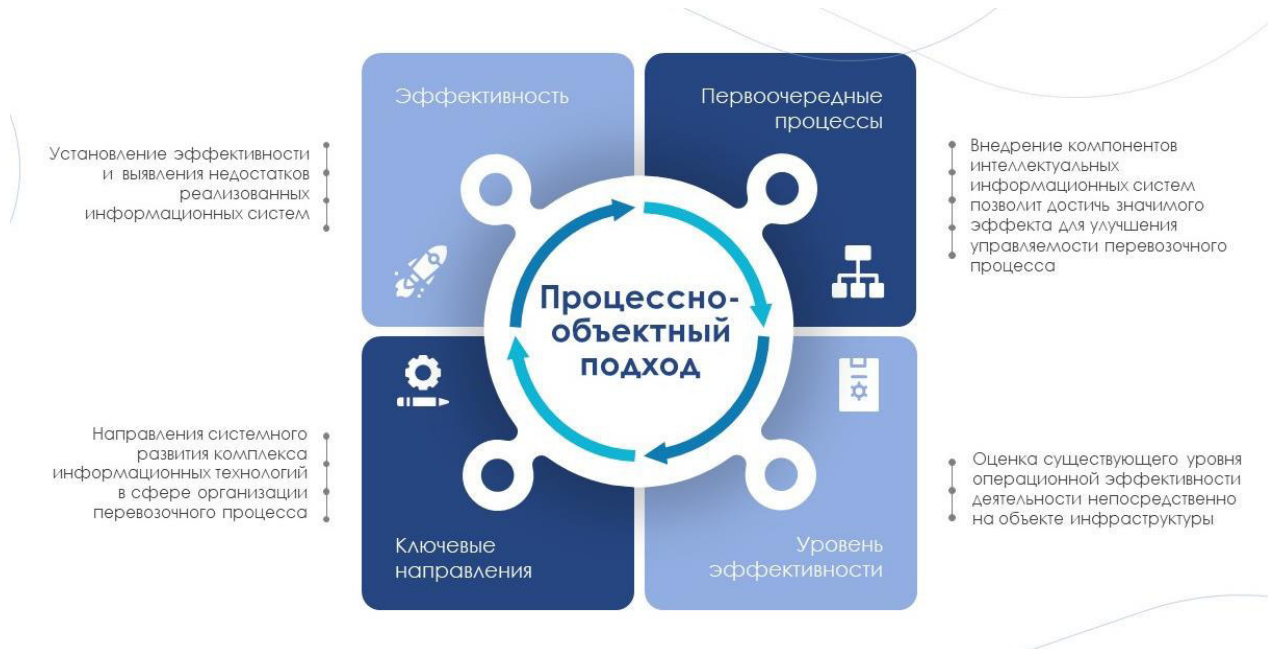


Рис. 3. Процессно-объектный подход в ИСУПП

Реализация отдельных компонентов ИСУПП на Белорусской железной дороге уже подтвердила свою эффективность.

Внедрение АС «Графист» позволило повысить на отдельных участках участковую скорость на 7–11,5 % и снизить удельные энергетические затраты на тягу поездов на 3–6 %.

Использование интеллектуальной диспетчерской корректировки ГДП, которая осуществляет связанное изменение графика движения поездов и управление временными резервами, позволяет компенсировать отклонения в ГДП на однопутных участках до 11 % и на двухпутных участках до 7 %, обеспечивая своевременное отправление и прибытие поездов на начально-конечных станциях участка.

Применение разработанных алгоритмов и интеллектуальных технологий позволяет формировать план графика движения поездов на протяжении 24 часов (в то время как при существующей технологии план разрабатывается на 3–6 часов).

Применение искусственного интеллекта при сменно-суточном планировании позволило повысить коэффициент сдвоенных операций на 8–12 % и сократить простой местных вагонов на отдельных грузовых станциях до 1 грузовой операции на 6–9 %.

Применение предложенных моделей, методов и технологий позволило впервые разработать единый пономерной план грузовых операций для всего полигона Белорусской железной дороги (включая более 200 станций, доступных для грузовых операций) на период не менее одних суток. Это позволило достичь высокой точности в планировании операций погрузки и выгрузки, достигая уровня в 91–94 %, что значительно больше, чем при использовании традиционных технологий (65–75 %).

Выводы. Применение системы увязки состава образования на технических станциях с графиком движения поездов позволило:

- укрупнить полигоны управления движением поездов в 1,3–1,5 раза и оптимизировать затраты;
- оптимизировать процесс планирования состава образования за счет автоматизированного определения очередности выполнения технологических операций на технических станциях;
- сократить время нахождения поездов и локомотивов на технических станциях за счет сокращения в пределах от 15 % до 20 % времени непроизводительного ожидания выполнения технологических операций;

- обеспечить согласование прогнозного графика движения поездов с поездной и локомотивной моделью дороги, сократив непроизводительные потери локомотивных бригад до 20 %.

Заключение. Применение процессно-объектного подхода к моделированию перевозочной деятельности при реализации ИСУПП позволяет определить ключевые направления системного развития комплекса информационных технологий в сфере организации перевозочного процесса в условиях интеллектуализации управляющих систем. Такая модель, с одной стороны, позволяет установить эффективность и выявить недостатки реализованных информационных систем и, с другой стороны, установить первоочередные процессы, в которых внедрение компонентов интеллектуальных информационных систем позволит достичь значимого эффекта для улучшения управляемости перевозочного процесса и перейти, в конечном счете, к управлению перевозочным процессом посредством ИСУПП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Голенков В. В., Гулякина Н. А. Интеллектуальные системы. Проблемы и перспективы // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС 2016) : материалы международной научной конференции (БГУИР, Минск, Беларусь, 26 октября 2016). Information Technologies and Systems 2016 (ITS 2016): Proceeding of the International Conference (BSUIR, Minsk, Belarus, 26th October 2016) / редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. Минск : БГУИР, 2016. С. 13–20.
- 2 Ерофеев А. А. Влияние сбоев в информационных системах дорожного уровня на организацию перевозочного процесса // Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Воронеж, 28 мая 2015 г., под ред. А. А. Платонова. Воронеж : Руна, 2015. № 1. С. 11–15.
- 3 Ерофеев А. А. Интеллектуальная система управления на железнодорожном транспорте : монография. Гомель : БелГУТ, 2022. 407 с.
- 4 Ерофеев А. А. Интеллектуальное управление перевозочным процессом: от оперативного к плановому // Железнодорожный транспорт. 2017. № 4. С. 74–77.
- 5 Ерофеев А. А., Голенков В. В. Перспективы внедрения интеллектуальных систем управления на железнодорожном транспорте // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 11–12 окт. 2018 г. / под ред. Ю. И. Кулаженко. Гомель : БелГУТ, 2018. С. 96–98.
- 6 Колешко В. М., Гулай А. В. Интеллектуальная система поиска научных открытий // Теоретическая и прикладная механика : международный научно-технический сборник. Вып. 18. 2005. С. 241–248.
- 7 Кузнецов В. Г. Оценка организации перемещения вагонов на инфраструктуре с применением процессно-объектного подхода / В. Г. Кузнецов, Е. А. Федоров, К. И. Гедрис // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. 2018. № 1 (36). С. 107–111.
- 8 Фёдоров Е. А. Композиция расчетного полигона инфраструктуры железной дороги для процессно-объектного моделирования графика движения поездов // Вестник Белорус. гос. ун-та транспорта: Наука и транспорт. 2019. № 1. С. 90–95.
- 9 Фёдоров Е. А. Организация перевозочного процесса с использованием процессно-объектного графика движения поездов на инфраструктуре железнодорожного транспорта // Вестник Белорус. гос. ун-та транспорта: Наука и транспорт. 2017. № 2. С. 114–119.