

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-977-986

THE APPROACH TO THE FORMATION OF AN INTELLIGENT SYSTEM OF TRANSPORT AND LOGISTICS INFORMATION

Yu. M. Iskanderov¹, S. V. Rudykh², A. E. Pelevin³

¹ — St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of Russian Academy of Sciences (SPIIRAS), St. Petersburg, Russian Federation

² — Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russian Federation

³ — Concern CSRI Elektropribor, JSC, St. Petersburg, Russian Federation

The development of the latest information technologies allows us to qualitatively change and increase the efficiency of modern transport and technological processes. There is a real opportunity for the accumulation and use of information resources in the interests of forming a single information space of the logistics system. The features of the subject area of the functioning the transport and technological processes are noted in the paper. It is noted that a serious obstacle is the low efficiency of organizational, technical, information and software interaction of participants in these processes. As an illustrative example, the existence of perennial unresolved problems in the implementation of the interaction of domestic seaports and railways is given. It is shown that to ensure the effectiveness of these processes, it is necessary to use integrated information systems to implement modern requirements to reduce operating costs and improve the quality of transport services. To create an integrated information system, it is proposed to use an approach using multi-agent technologies that will radically modernize the organization of processes in logistics systems. The possibilities of the proposed approach are described, the elements of logistic business processes as intellectual agents are interpreted. Substantial information resources, that form the agent platforms of applied and system services of the intellectual system of transport and logistic information, as well as constitute the databases and knowledge bases about transport and technological processes, are presented. A generalized structure of an intelligent system of transport and logistics information, presented using a multi-agent approach, is given. It is proposed that further research will focus on creating software agents that implement applied and system services of an intelligent system of transport and logistics information, on forming appropriate agent platforms, on developing ontologies characterizing the features of transport and technological processes, as well as on constructing the effective coordination and communication procedures for program agents.

Keywords: transport and technological process, informational resources, logistic system, integrated information system, multi-agent technology, software agent, agent platform, database, knowledge base, decision making.

For citation:

Iskanderov, Yurii M., Sergey V. Rudykh, and Alexander E. Pelevin. "The approach to the formation of an intelligent system of transport and logistics information." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 11.6 (2019): 977–986. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-977-986.

УДК: 004.89:656.078

ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ю. М. Искандеров¹, С. В. Рудых², А. Е. Пелевин³

¹ — Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН), Санкт-Петербург, Российская Федерация

² — ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова», Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ — АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Санкт-Петербург, Российская Федерация

Отмечается, что развитие новейших информационных технологий позволяет качественно изменить и повысить эффективность современных транспортно-технологических процессов. Появляется реальная возможность накопления и использования информационных ресурсов в интересах формирования единого информационного пространства логистической системы. В статье рассмотрены особенности предметной области функционирования транспортно-технологических процессов. Отмечается, что серьезным препятствием является низкая эффективность организационного, технического, информационного и программного обеспечения взаимодействия участников указанных процессов. В качестве показательного примера приведено существование многолетних нерешенных проблем при реализации взаимодействия отечественных морских портов и железных дорог. Показано, что для обеспечения эффективности указанных процессов необходимо использовать интегрированные информационные системы, позволяющие реализовать современные требования по снижению эксплуатационных затрат и повышению уровня качества транспортных услуг. Для формирования интегрированной информационной системы предложено использовать подход с использованием мультиагентных технологий, которые позволят кардинальным образом модернизировать организацию процессов в логистических системах. Изложены возможности предложенного подхода, дана интерпретация элементов логистических бизнес-процессов как интеллектуальных агентов. Представлены содержательные информационные ресурсы, формирующие агентные платформы прикладных и системных сервисов интеллектуальной системы транспортно-логистической информации, а также составляющие базы данных и знаний о транспортно-технологических процессах. Дана обобщенная структура интеллектуальной системы транспортно-логистической информации, представленная с использованием мультиагентного подхода. Предложено дальнейшие исследования направить на реализацию следующих целей: создание программных агентов, реализующих прикладные и системные сервисы интеллектуальной системы транспортно-логистической информации; формирование соответствующих агентных платформ; разработку онтологий, характеризующих особенности транспортно-технологических процессов, а также на построение эффективных процедур координации и коммуникации программных агентов.

Ключевые слова: транспортно-технологический процесс, информационные ресурсы, логистическая система, интегрированная информационная система, мультиагентная технология, программный агент, агентная платформа, база данных, база знаний, принятие решений.

Для цитирования:

Искандеров Ю. М. Подход к формированию интеллектуальной системы транспортно-логистической информации / Ю. М. Искандеров, С. В. Рудых, А. Е. Пелевин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 6. — С. 977–986. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-977-986.

Введение (Introduction)

Эффективное функционирование современных транспортно-технологических процессов (ТТП) невозможно представить без постоянного использования новейших информационных технологий. Возможности быстрого реагирования на нужды рынка и активный информационный обмен между звеньями транспортной сети являются неотъемлемой характеристикой поставок товаров любого рода. Программные комплексы и информационные системы, созданные для планирования и поддержки принятия различных коммерческих решений, являются ключевым фактором для обеспечения высокого качества обслуживания и постоянного совершенствования транспортных операций. С развитием интернет-технологий очевидным становится тот факт, что перспективные направления развития рынка логистических услуг ориентированы на активное использование электронных форм обеспечения ТТП [1], [2].

Исторически сложилось так, что накопление и использование информационных ресурсов (ИР) осуществлялось отдельно в каждом виде транспорта с целью обеспечения его эффективного управления и функционирования. Аналогично ситуация складывалась в других сферах логистики. Традиционно применение различных информационных технологий в логистических системах происходило разрозненно, только в интересах конкретного участника ТТП и с течением времени стало очевидно, что такой подход неэффективен и чрезвычайно важна интеграция ИР для получения единого информационного пространства (ЕИП) транспортно-логистической сети, поскольку ЕИП обеспечит необходимые скорости и объемы обмена информацией, а также предоставит наиболее точные данные, требуемые пользователю, позволит детально анализировать техни-

ко-экономические параметры различных вариантов, моделировать различные процессы с целью принятия оптимальных решений [1], [2]. Однако интеграция ИР в транспортной логистике является чрезвычайно сложной проблемой. По мере развития интеграционных процессов возникают более актуальные проблемы оптимизации и организации информационных потоков, что, безусловно, связано с особенностями предметной области ТТП:

- высокий динамизм предметной области;
- сложность получения полной, точной и достоверной информации;
- стрессовый характер ситуаций;
- дефицит времени принятия решений;
- сбои, отказы и выходы из строя технических средств;
- высокая вероятность ошибочных действий людей;
- форс-мажорные обстоятельства.

Значительным препятствием также является низкая эффективность организационного, технического, информационного и программного обеспечения взаимодействия участников ТТП. Характерным примером является существование многолетних нерешенных проблем при реализации взаимодействия отечественных морских портов и железных дорог. Достигнутый уровень корпоративного управления ОАО «РЖД» позволяет применять новые технологии транспортного сервиса, в том числе мониторинга движения и переработки грузов по выбранному маршруту и оптимизации процедур промежуточной обработки и хранения грузов. Однако «узким местом» при доставке международных грузов является подача и выгрузка вагонов в морском порту, а также простой вагонов на предпортовых железнодорожных станциях. Использование механизма ответственности при невыполнении заключенных договоренностей в виде наложения штрафов за несвоевременную подачу и выгрузку вагонов в морских портах, а также за простои вагонов и за «брошенные» поезда не обеспечило желаемого результата.

Сутью проблемы по-прежнему остается различие интересов участников данного ТТП. Каждый субъект ориентируется на достижение своих целей, связанных с непониманием системного эффекта от взаимодействия, действует в рамках своего правового, экономического и технологического пространства, оценивает эффективность своего функционирования по типовым критериям и показателям. Таким образом, учитывая системный характер проблемы, очевидно, что ее решение заключается в разработке и реализации на основе единой методологии комплекса согласованных мероприятий правового, организационного, финансово-экономического, методического, информационного и технологического характера, учитывающих интересы всех участников ТТП. Для обеспечения эффективности указанных процессов необходимо использовать интегрированные информационные системы (ИИС), позволяющие реализовать современные требования по снижению эксплуатационных затрат и повышению уровня качества транспортных услуг [1]–[4]. В этих условиях указанные системы позволяют эффективно решать основную логистическую задачу при организации ТТП, а именно согласование режимов производства и потребления с сервисным режимом предоставления транспортных средств, пограничной и таможенной обработкой, хранением, переработкой и распределением продукции. На базе ИИС появляется возможность построить ЕИП, которое обеспечит координацию работ всех организаций при осуществлении интермодальных перевозок в соответствии с принятой логистикой обработки грузов. Для поддержания ЕИП ИИС должна обеспечивать взаимодействие с корпоративными инфотелекоммуникационными системами различных транспортных и других организаций внутри страны и за рубежом.

Методы и материалы (Methods and Materials)

Поскольку в логистических системах используются различные телекоммуникационные, коммутационные, сетевые и информационные технологии, процессы контроля и управления ТТП резко усложняются. В этих условиях все большее значение приобретает интеллектуализация управления ТТП, стратегия которой заключается в разработке и внедрении эффективных информационных технологий, обеспечивающих в реальном масштабе времени замкнутость циклов

организационного и технологического управления, существенно повышающих обоснованность и согласованность принимаемых должностными лицами решений по управлению ТТП. Анализ указанной сложной и важной проблемы показывает, что такими технологиями являются технологии мультиагентных систем [1]–[8], [10].

Мультиагентный подход, положенный в основу формирования ИИС, позволит кардинальным образом модернизировать организацию ТТП. Ожидаемым результатом такого подхода является высокая эффективность, гибкость и надежность функциональных подсистем и их системы управления в целом, способность обеспечить высокий уровень качества логистических услуг, и как следствие, высокую конкурентоспособность на отечественном и мировом рынках. Отличительной особенностью мультиагентных технологий является реализация в информационных системах распределенных способов обработки информации.

В современном представлении агент — это программная система, которая имеет следующие особенности: автономность, взаимодействие, мобильность, реактивность, активность, индивидуальность видения «мира», коммуникабельность и кооперативность, интеллектуальность поведения. С точки зрения объектно-ориентированного подхода агент представляет собой определенный комплекс функций в совокупности с интерфейсом, способный поддерживать диалоговое общение. Поскольку задачи функционирования ТТП требуют распределенного и параллельного решения, необходима разработка и применение методов кооперации, координации и коммуникации агентов в процессе их решения, тем самым обеспечивается совместное решение единой задачи, распределенной по многим узлам логистической сети с использованием достаточно простых в отдельности программных единиц, реализующих сложные механизмы взаимодействия, которое определяется двусторонними и многосторонними динамическими отношениями между агентами.

Результаты (Results)

Рассмотрим возможности предложенного подхода. Информационное обеспечение логистической системы базируется на двух основных положениях: представление ТТП в виде совокупности взаимосвязанных бизнес-процессов; формирование ЕИП для интеграции бизнес-процессов и поддерживающей их инфраструктуры при помощи набора безопасных, стандартизованных компонентов — прикладных сервисов, которые могут многократно использоваться и комбинироваться для адаптации к изменениям на транспортном рынке. Для эффективной организации такой интеграции сначала необходимо разбить ТТП на функциональные блоки, а затем выполнить их декомпозицию до получения сквозных бизнес-процессов, сквозных бизнес-процессов — до получения отдельных бизнес-процессов, а отдельных бизнес-процессов — до составляющих их бизнес-функций как шагов бизнес-процесса. Бизнес-функция, дающая конкретный измеримый результат, является минимальной сущностью, имеющей ценность для осуществления бизнес-процесса. Именно она и является прикладным сервисом. Определим прикладной сервис как логическое представление физических, информационных и человеческих ресурсов, реализующее бизнес-функцию и обладающее следующими свойствами:

- является повторно используемым;
- определяется одним или несколькими явными технологически-независимыми интерфейсами;
- слабо связан с другими подобными ресурсами и может быть вызван посредством коммуникационных протоколов, обеспечивающих возможность взаимодействия ресурсов между собой.

Очевидно, что определенный таким образом прикладной сервис представляет собой не что иное, как «интеллектуальный агент» [5]–[7], [9]. Бизнес-функция, которую реализует данный прикладной сервис, должна быть однозначно описана в соответствии с определенными, принятыми для всех сервисов, правилами (также должны быть описаны набор и типы входных и выходных данных). Причем для внешних по отношению к прикладному сервису информационных систем не должно иметь значения, на каком языке программирования он реализован, на какой программно-аппаратной платформе функционирует, локально или удаленно расположен.

Кроме прикладных сервисов, информационное обеспечение должно располагать набором системных сервисов, обеспечивающих передачу / получение данных, сообщений, документов; информационное взаимодействие участников ТТП; работу с общими ресурсами и т. д. Указанные системные сервисы могут реализовать агенты, обеспечивающие выполнение максимально стандартизованных функций:

- ведение каталогов (реестров) прикладных сервисов;
- электронный обмен данными, сообщениями;
- распределенное копирование и хранение данных;
- защита информации и обеспечение прав доступа к ней;
- формирование отчетов и др.

В составе ИИС должны быть и общие ИР в виде специализированных баз данных и знаний (БДЗ), поддерживающих административные процедуры, и прогрессивные транспортно-технологические схемы. Эти БДЗ позволят обеспечить комплексирование различных ресурсов для решения конкретной задачи, создание вторичных ИР и унификацию массово используемых ИР. В первую очередь, процесс создания указанных БДЗ должен быть связан с формализацией нормативно-правовой, учетно-статистической и прогнозно-аналитической информации, а также с применением «электронных образов» различных процедур и «электронных реестров» участников и объектов ТТП.

Обсуждение (Discussion)

Специализированные БДЗ должны содержать следующую информацию:

1. *Характеристика участников ТТП.* Запись данных об участниках перевозки осуществляется на основе их регистрации. Основанием для регистрации является заключение договора, контракта, соглашения, предварительная или окончательная заявка на транспортные услуги. При любом повторном обращении следует указывать идентификационный номер регистрации.

2. *Описание пунктов отправления и пунктов назначения.* В качестве источника информации, например, возможно использование кодов и наименования пунктов отправления и прибытия в соответствии с Рекомендацией № 16 ЕЭК ООН «Коды портов и других пунктов назначения LOCODE».

3. *Описание маршрутов следования и тарифных участков.* ИР содержат описание вариантов маршрутов перемещения грузов между пунктами, ограничивающими участки видов транспорта, их подразделений с указанием тарифов, фрахтов (времени (сроков) перемещения) и условий перевозки. Эти данные могут быть получены от участников ТТП.

4. *Описание грузов.* Данные о грузах могут быть приведены в соответствии с гармонизированной номенклатурой HS / ННМ и тарифной номенклатурой, применяемой участниками ТТП, а также из реализуемых заявок во взаимосвязи с пунктом отправления, отправителем и основными условиями перевозки.

5. *Описание транспортных средств и ресурсов.* ИР о морских и речных судах, поездах, автомобилях, причалах, складах, терминалах и т. п. Эта информация может быть предоставлена участниками ТТП. Состав данных определяется интересами логистической системы.

6. *Описание транспортного оборудования и упаковки.* ИР о контейнерах всех размеров и видов, трейлерах, обменных поддонах, другом оборудовании, а также упаковке для грузовых единиц (грузовых мест). Обязательно указываются характеристики подвижного состава, контейнеров и трейлеров по их типам и размерам, а упаковок — по их типам (видам). Кроме того, должны быть сформированы система идентификации и определения принадлежности.

7. *Описание видов перевозок, тарифов, фрахтов, платежей, сборов и затрат на перевозки.* Необходимо использовать классификацию INCOTERMS, виды тарифов и фрахтов, применяемых участниками ТТП, а также виды платежей, сборов и затрат на транспортно-логистические услуги.

8. *Описание специальных условий перевозки грузов:* ИР об условиях перевозки грузов с превышением габарита и массы; об условиях перевозки опасных грузов, с указанием категории опасности, маркировки и т.д.; о требованиях к охране и сопровождению грузов.

9. *Перечень и описание услуг, оказываемых в пути следования и при доставке к месту назначения:* ИР о составе, структуре, процедурах выполнения транспортно-логистических услуг, с указанием содержания и особенностей их выполнения.

На основе БДЗ интегрированные информационные системы обеспечивают решение следующих основных задач:

1. *Выбор и оптимизация маршрута перевозки грузовой отправки.* Выбор и оптимизация маршрута перевозки грузовой отправки осуществляются по заявке отправителя груза (или лица его заменяющего) на основе информации, содержащейся в БЗД и в соответствии с условиями, указанными в заявке отправителя. Для выбора и оптимизации маршрута рассматриваются участки и пункты видов транспорта, транспортные предприятия — участники ТТП. Выбор и оптимизация маршрута могут выполняться как для отдельной грузовой отправки, так и для регулярных перевозок серии отправок, технологических, сезонных и других перевозок, имеющих постоянный, регулярный характер. Расчет оптимизации маршрута перевозки может осуществляться по следующим критериям:

- минимальной суммарной стоимости перевозки;
- минимизации сроков доставки груза;
- минимальному количеству погрузочно-разгрузочных операций, перевалки и перегруза;
- надежности и регулярности доставки груза в согласованные сроки к месту потребления;
- другим критериям, задаваемым отправителем или получателям груза.

2. *Организация резервирования выполнения логистических процедур и ресурсов транспорта.*

Задача предусматривается в тех случаях, когда возможно скопление грузовых отправок в ожидании выполнении логистической операции (например, в ожидании перевалки груза в порту, перегруза на границе железных дорог с одной колеи на другую, вывоза со склада и т. п.) для обеспечения высокой точности срока доставки (например, поездом, следующим строго по графику), когда ограничены ресурсы на определенном участке перевозки (например, паромная переправа), а также для других подобных ситуаций, которые должны быть согласованы с участниками логистической системы.

Объектами резервирования могут быть:

- места на морском или речном судне, пароме;
- места (вагоны, контейнера, трейлеры) в составе поезда, следующего по жесткому графику;
- автомобили, трейлеры, автомобильные поезда;
- транспортное оборудование (специальные вагоны, контейнеры, трейлеры и т. п.);
- места на складах, сортировочных платформах, терминалах, причалах;
- очередь для проведения операций по перегрузу, перевалке;
- очередность выполнения операции по обслуживанию в пути следования;
- другие подобные объекты, согласованные участниками реализации логистических цепочек.

Осуществление резервирования предусматривает выполнение операций по заявке и согласованию этой операции с партнерами путем информационного обмена и фиксирования результатов. Выбор объектов, для которых следует выполнять процедуру резервирования, определяется при заключении соглашения по перевозкам. Также фиксируются условия и параметры резервирования, которые должны быть заложены в ИИС и доступны участникам ТТП. Зарезервированный порядок выполнения процедур должен иметь безусловный приоритет.

3. *Расчет логистических цепочек с учетом коммерческих, эксплуатационных, таможенных и пограничных процедур и дополнительных услуг.* Данный вид расчета осуществляется для каждой отправки груза. Возможно укрупнение для группы однородных отправок, а также повторное использование расчетов для аналогичной ситуации. Он включает последовательность выполнения операций и перемещений по маршруту перевозки, их продолжительность и стоимость с учетом резервирования и очередности.

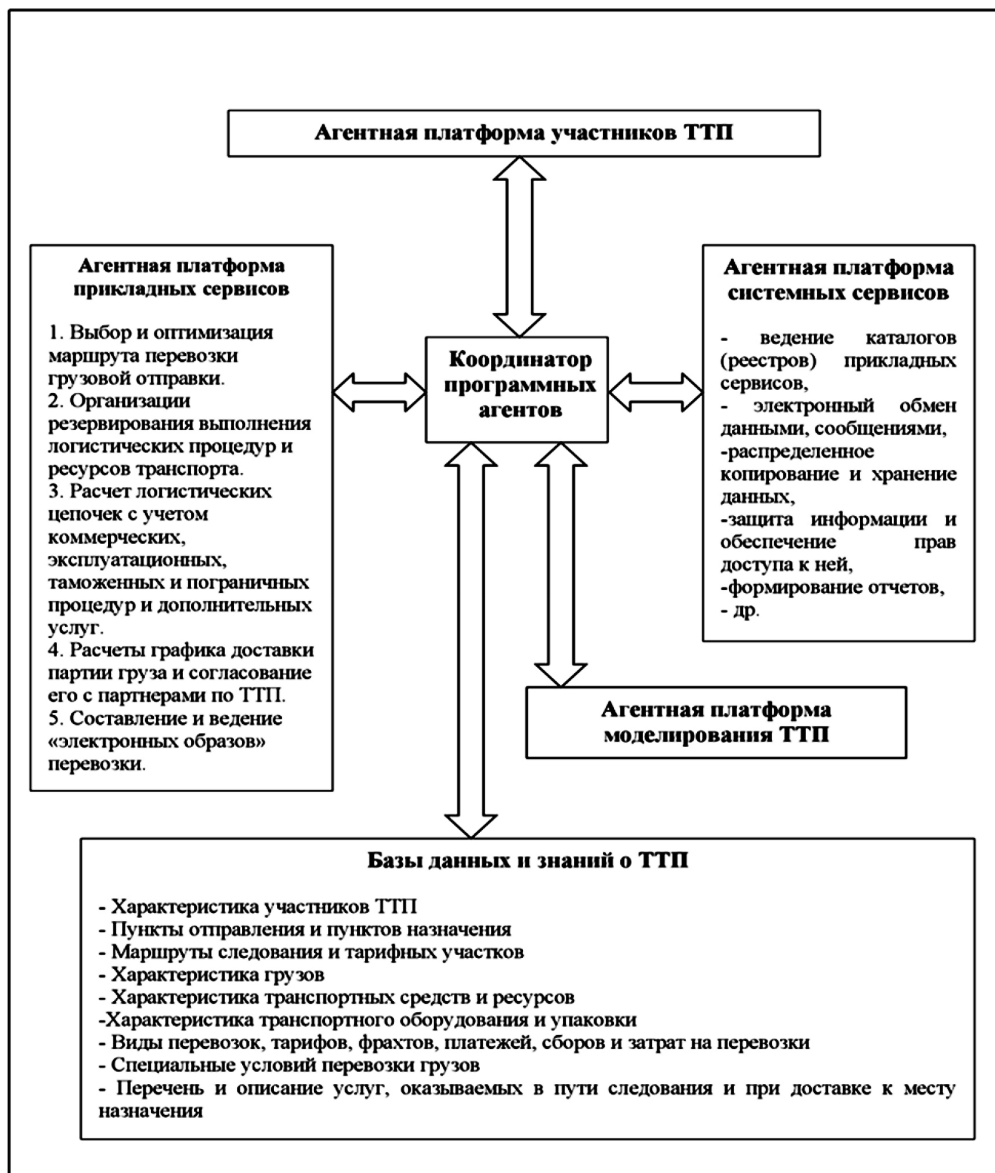
4. *Расчет графика доставки партии груза и согласование его с партнерами по ТТП.* График доставки партии груза разрабатывается на основе расчета логистической цепочки и содержит время, даты, периоды выполнения процедур и перемещений с привязкой к календарному отсчету

от момента отправления отправки и к пунктам (местоположению) выполнения операций, начала и конца перемещения на участке.

Примечание. Результаты расчета логистической цепочки и графика (пп. 3 и 4) после согласования с операторами перевозки должны быть сформированы в виде «электронного образа» и направлены партнерам для исполнения и контроля. Согласованная логистическая цепочка и график доставки партии груза при определенных условиях могут рассматриваться как неотъемлемая часть договора между участниками ТТП.

5. *Составление и ведение «электронных образов» перевозки.* Формирование «электронного образа» перевозки осуществляется по мере поступления документов и входных сообщений в соответствии с заданным регламентом. Источником для формирования «электронного образа» перевозки являются также БДЗ и результаты выбора маршрута следования, расчета логистических цепочек и графика доставки партии груза. Указанному «электронному образу» присваивается уникальный идентификационный номер. Все операции, процедуры, события в пути и по прибытию, которые следует учитывать при перевозке, должны быть «привязаны» к соответствующему идентификационному номеру.

На схеме дана обобщенная структура интеллектуальной системы транспортно-логистической информации, представленная с использованием мультиагентного подхода.



Обобщенная структура интеллектуальной системы транспортно-логистической информации

Взаимодействие агентных платформ в процессе функционирования ИИС осуществляется координатором программных агентов. Каждый сервис, прикладной или системный, реализуется соответствующим программным агентом. Корректное использование БДЗ обеспечивает программный агент — менеджер онтологий. Информационный обмен контролирует коммуникатор программных агентов. Необходимо отметить, что в отдельных случаях процесс выбора маршрутов доставки может предусматривать использование средств моделирования, поэтому в структуру введена агентная платформа моделирования ТТП.

Выводы (Summary)

Ключевыми особенностями проектирования и реинжиниринга информационных систем, обеспечивающих решение комплекса задач транспортной логистики, являются: интеграция информационных ресурсов, многовариантность построения бизнес-процессов и эффективное моделирование функционирования сетевых организаций. Формирование интеллектуальной системы транспортно-логистической информации на основе мультиагентных технологий позволит создать действенный инструмент, обеспечивающий достижение высокого уровня качества и конкурентоспособности предоставляемых транспортных услуг. Использование указанной системы позволит:

- динамически перестраивать структуру взаимодействия ИР в зависимости от внешних и внутренних условий функционирования ТТП;
- инкапсулировать ранее разработанные средства и программы в интегрированную среду;
- унифицировать программное обеспечение, используемое участниками ТТП;
- обеспечить вхождение в международное информационное пространство с целью развития электронных и мобильных услуг.

Дальнейшие исследования необходимо направить на создание программных агентов, реализующих прикладные и системные сервисы интеллектуальной системы транспортно-логистической информации, формирование соответствующих агентных платформ, разработку онтологий, характеризующих особенности ТТП, а также на построение эффективных процедур координации и коммуникации программных агентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Искандеров Ю. М.* Организация транспортно-технологических процессов на основе интегрированных информационных систем / Ю. М. Искандеров, В. И. Дорошенко // «Новая экономика» и основные направления ее формирования: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф.; под общ. ред. А. В. Яковлевой. — СПб.: СПбПУ Петра Великого, 2016. — С. 53–62.
2. *Лукинский В. С.* Проблемы и перспективы использования интеллектуальных информационных технологий в логистических системах / В. С. Лукинский, Ю. М. Искандеров, Б. В. Соколов, А. Г. Некрасов // Информационные технологии в управлении (ИТУ–2018): материалы конф. — СПб.: АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2018. — С. 80–89.
3. *Искандеров Ю. М.* Мультиагентные системы для управления логистическими функциями в цепях поставок / Ю. М. Искандеров // Логистика: современные тенденции развития: материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2019. — С. 219–221.
4. *Искандеров Ю. М.* Построение моделей интегрированной информационной системы транспортной логистики на основе мультиагентных технологий / Ю. М. Искандеров // «Новая экономика» и основные направления ее формирования: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф.; под общ. ред. А. В. Яковлевой. — СПб.: СПбПУ Петра Великого, 2016. — С. 62–69.
5. *McFarlane D.* Intelligent logistics: Involving the customer / D. McFarlane, V. Giannikas, W. Lu // *Computers in Industry*. — 2016. — Vol. 81. — Pp. 105–115. DOI: 10.1016/j.compind.2015.10.002.
6. *Wooldridge M.* An Introduction to Multi-Agent Systems / M. Wooldridge. — John Wiley & Sons, 2009. — 368 p.
7. *Leitão P.* Recent developments and future trends of industrial agents / P. Leitão, P. Vrba // *International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems*. — Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. — Pp. 15–28. DOI: 10.1007/978-3-642-23181-0_2.

8. Скобелев П. О. Мультиагентные технологии для управления распределением производственных ресурсов в реальном времени / П. О. Скобелев [и др.] // Механика, управление и информатика. — 2011. — № 5. — С. 110–122.

9. Скобелев П. О. Интеллектуальные системы управления ресурсами в реальном времени: принципы разработки, опыт промышленных внедрений и перспективы развития / П. О. Скобелев // Информационные технологии. — 2013. — № S1. — С. 1–32.

10. Городецкий В. И. Многоагентные технологии для индустриальных приложений: реальность и перспектива / В. И. Городецкий, П. О. Скобелев // Труды СПИИРАН. — 2017. — № 6 (55). — С. 11–45. DOI: 10.15622/sp.55.1.

REFERENCES

1. Iskanderov, Yu. M., and V. I. Doroshenko. “Organizatsiya transportno-tekhnologicheskikh protsessov na osnove integrirovannykh informatsionnykh system.” *«Novaya ekonomika» i osnovnye napravleniya ee formirovaniya. Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Edited by A. V. Yakovleva. SPb.: Sankt-Peterburgskii politekhnicheskii universitet Petra Velikogo, 2016. 53–62.

2. Lukinskii, V. S., Yu. M. Iskanderov, B. V. Sokolov, and A. G. Nekrasov. “Problemy i perspektivy ispol'zovaniya intellektual'nykh informatsionnykh tekhnologii v logisticheskikh sistemakh.” *Informatsionnye tekhnologii v upravlenii (ITU-2018): materialy konferentsii*. SPb.: AO «Kontsern «TsNII «Elektropribor», 2018. 80–89.

3. Iskanderov, Yu. M. “Mul'tiagentnye sistemy dlya upravleniya logisticheskimi funktsiyami v tsepyakh post-avok.” *Logistika: sovremennye tendentsii razvitiya: Materialy XVIII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. SPb.: Gosudarstvennyi universitet morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova, 2019. 219–221.

4. Iskanderov, Yu. M. “Postroenie modelei integrirovannoi informatsionnoi sistemy transportnoi logistiki na osnove mul'tiagentnykh tekhnologii.” *«Novaya ekonomika» i osnovnye napravleniya ee formirovaniya: Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Edited by A. V. Yakovleva. SPb.: Sankt-Peterburgskii politekhnicheskii universitet Petra Velikogo, 2016. 62–69.

5. McFarlane, Duncan, Vaggelis Giannikas, and Wenrong Lu. “Intelligent logistics: Involving the customer.” *Computers in Industry* 81 (2016): 105–115. DOI: 10.1016/j.compind.2015.10.002.

6. Wooldridge, M. *An Introduction to Multi-Agent Systems*. John Wiley & Sons, 2009.

7. Leitão, Paulo, and Pavel Vrba. “Recent developments and future trends of industrial agents.” *International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. 15–28. DOI: 10.1007/978-3-642-23181-0_2.

8. Skobelev, Petr Olegovich, Anton Vladimirovich Ivaschenko, Michael Vladimirovich Andreev, and Ivan Olegovich Babanin. “Multi-agent technology for real time manufacturing resources management.” *Mechanics, Control and Informatics* 5 (2011): 110–122.

9. Skobelev P. O. “Intelligent Systems for Real Time Resource Management: Principles, Experience and Perspectives.” *Information Technologies* S1 (2013): 1–32.

10. Gorodetsky, Vladimir Ivanovich, and Petr Olegovich Skobelev. “Industrial applications of multi-agent technology: reality and perspectives.” *SPIIRAS Proceedings* 6(55) (2017): 11–45.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Искандеров Юрий Марсович —

доктор технических наук, профессор
 Санкт-Петербургский институт информатики
 и автоматизации Российской академии наук
 199178, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
 14-я линия В.О., 39
 e-mail: iskanderov_y_m@mail.ru

Рудых Сергей Витальевич —

доктор технических наук
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала
 С. О. Макарова»
 198035, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
 ул. Двинская, 5/7
 e-mail: kaf_svvp@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Iskanderov, Yurii M. —

Dr. of Technical Sciences, professor
 St. Petersburg Institute for Informatics
 and Automation of the Russian Academy of Sciences
 39 14th Linia VI Str., St. Petersburg, 199178,
 Russian Federation
 e-mail: iskanderov_y_m@mail.ru

Rudykh, Sergey V. —

Dr. of Technical Sciences
 Admiral Makarov State University of Maritime
 and Inland Shipping
 5/7 Dvinskaya Str., St. Petersburg, 198035,
 Russian Federation
 e-mail: kaf_svvp@gumrf.ru

Пелевин Александр Евгеньевич —
доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник
АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»
197046, Российская Федерация, Санкт-Петербург,
ул. Малая Посадская, 30
e-mail: apelevin@eprib.ru

Pelevin, Alexander E. —
Dr. of Technical Sciences,
Leading Researcher
Concern CSRI Elektropribor, JSC
30, Malaja Posadskaja Str., St. Petersburg,
197046, Russian Federation
e-mail: apelevin@eprib.ru

*Статья поступила в редакцию 8 ноября 2019 г.
Received: November 8, 2019.*