

12. Искандеров Ю.М., Свистунова А.С., Чумак А.С. Системный анализ показателей качества комплексных логистических технологий при доставке грузов // В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении сборник научных трудов XXIII Международной научно-практической конференции. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2019. С. 251–262.

УДК 004.89 : 656.078

doi:10.18720/SPBPU/2/id20-174

**Искандеров Юрий Марсович**<sup>1</sup>,

д-р техн. наук, профессор,  
заведующий лабораторией СПИИРАН;

**Ласкин Михаил Борисович**<sup>2</sup>,

канд. физ.-мат. наук, доцент,  
стар. науч. сотр. СПИИРАН;

**Чумак Александр Сергеевич**<sup>3</sup>,

программист СПИИРАН;

**Хасанов Дмитрий Салимович**<sup>4</sup>,

программист СПИИРАН

## **ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМИ РЕСУРСАМИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

<sup>1,2,3,4</sup> Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН  
(СПИИРАН), Санкт-Петербург, Россия,

<sup>1</sup> iskanderov\_y\_m@mail.ru

**Аннотация.** В статье изложен подход, направленный на эффективное управление и реинжиниринг информационных систем, обеспечивающих решение комплекса задач транспортной логистики. Показано, что критически важным фактором инновационного развития транспортной области становится разработка и внедрение интегрированных информационных систем, основной задачей которых является управление информационными ресурсами в интересах качественного изменения процессов перемещения пассажиров и грузов. Показано, что для моделирования указанной задачи должны быть использованы мультиагентные системы, обеспечивающие адаптацию инструментальных средств и информационной системы к изменяющимся условиям ведения бизнеса. Изложено представление реализации предложенного подхода в диалоговых системах управления.

**Ключевые слова:** транспортная система, моделирование, управление, информационные ресурсы, интегрированная информационная система, мультиагентная система, диалоговая система управления.

**Yury M. Iskanderov**<sup>1</sup>,  
Head of Laboratory of SPIIRAS,  
Doctor of Technical Sciences, Professor;  
**Mikhail B. Laskin**<sup>2</sup>,  
Senior Researcher of SPIIRAS,  
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,  
Associate Professor;  
**Alexander S. Chumak**<sup>3</sup>,  
Programmer of SPIIRAS;  
**Dmitry S. Hasanov**<sup>4</sup>,  
Programmer of SPIIRAS

## FEATURES OF MODELING THE CONTROL OF INFORMATION RESOURCES OF TRANSPORT SYSTEMS

<sup>1,2,3,4</sup> The St. Petersburg Institute for Informatics and  
Automation of RAS (SPIIRAS), St. Petersburg, Russia,  
<sup>1</sup>iskanderov\_y\_m@mail.ru

**Abstract.** The article presents an approach aimed at the effective control and reengineering of information systems that provide solutions to the complex tasks of transport logistics. It is shown that the development and implementation of integrated information systems, the main task of which is to control information resources in the interest of a qualitative change in the processes of moving passengers and goods, becomes a critical factor in the innovative development of the transport. It is shown that for modeling this task multi-agent systems should be used that ensure the adaptation of tools and information systems to changing business conditions. It is performed the presentation of the implementation of the proposed approach in interactive control systems.

**Keywords:** transport system, modeling, control, information resources, integrated information system, multi-agent system, interactive control system.

Транспорт является одной из самых информационно-емких сфер человеческой деятельности. Невозможно представить функционирование транспортных систем (ТС) без использования необходимой информации. Гигантский объем накопленных и постоянно используемых информационных ресурсов (ИР) на рынке транспортных услуг не поддается более или менее точной и строгой количественной оценке.

В настоящее время конкурентоспособность транспортного бизнеса характеризуется такими факторами, как качество управления материальными и информационными потоками и организация эффективного межвидового взаимодействия на принципах интегрированной логистики. ИР представляют собой суммарный объем знаний и данных, накопленный и используемый компаниями – участниками, формирующими логистиче-

скую сеть. В этом случае, ИР являются ключевой ресурсом достижения цели ТС. Таким образом, комплексная информатизация становится важнейшим драйвером обеспечения интеграции различных видов транспорта в интересах эффективного решения задач товародвижения.

В этих условиях критически важным фактором инновационного развития транспортной области становится разработка и внедрение интегрированных информационных систем (ИИС), позволяющих качественно изменить процессы перемещения пассажиров и грузов [1 – 7].

В процессе информационного взаимодействия участники ТС пользуются различными источниками информации, которые могут быть по отношению к этой сети как внешними, так и внутренними. Поэтому, ИР ТС можно представить как объединение внешних ИР (ИР о состоянии рынков, о возможностях конкурентов, об особенностях законодательства, и т. п.) и внутренних ИР (ИР о предоставляемых услугах, об их стоимости, о собственных затратах, о транспортно-логистических технологиях, и т. п.). Очевидно, что основной задачей ИИС является управление этими ИР, включающее в том числе:

- сбор, обработку и оценку информационных потребностей менеджеров по логистике;
- формирование релевантной системы электронного документооборота;
- формирование унифицированной системы хранения данных;
- др.

В результате функционирования ИИС создается новая логистическая информация, использование которой, за счет своевременности и точности, обеспечивает качественно новый уровень взаимодействия компаний – участников транспортной деятельности. Очевидно, что такая информация будет являться решающим фактором, определяющим эффективность ТС.

Отличительной особенностью ТС является их распределенность в пространстве, иерархически-сетевой принцип организации управления и влияние факторов различной природы на качество предоставляемых услуг. Поэтому проектирование и реинжиниринг информационных систем, обеспечивающих решение комплекса задач транспортной логистики, характеризуются многовариантностью построения новых бизнес-процессов и эффективным моделированием сетевых организаций. Эффективным средством реализации указанных процессов является построение мультиагентных инфраструктур, обеспечивающих адаптацию инструментальных средств и информационной системы к изменяющимся условиям ведения бизнеса [3, 7, 10]. Мультиагентные системы (МАС) используются для решения как технологических задач (моделирование, имитация, спецификация), так и задач прикладного характера (планиро-

вание, управление, учет и отчетность, интеграция). Мультиагентная инфраструктура фактически является семантической оболочкой информационной системы, отражающей правила ведения бизнеса и взаимодействие его участников.

Для эффективного решения практических задач ИИС должна строиться на основе принципов, реализованных и опробованных на ее модели. Предыдущие исследования показали [1 – 9], что такими принципами должны быть:

- применение международных стандартов для всех стадий жизненного цикла системы;
- использование адекватной методологии для построения моделей организационных бизнес-процессов транспортных систем;
- компонентное построение прикладных и инструментальных средств;
- мультиагентная реализация механизмов взаимодействия инструментальных и прикладных средств.

Основопологающей характеристикой МАС является мобильность. В конечном итоге мобильные информационные системы обладают способностью функционировать в гетерогенном окружении, эволюционно развиваться и адаптироваться к окружающей обстановке и изменениям в структуре и составе объекта управления.

МАС обладает следующими свойствами:

- структура сообщества агентов является динамической относительно типов и количества членов сообщества;
- сообщество агентов основывается на принципах кооперации;
- структура сообщества агентов подразумевает распределенность, что позволяет эффективно организовать доступ к различным источникам данных;
- агенты используют определенную предметную область для решения поставленных задач;
- агенты обеспечивают работу в асинхронном режиме;
- появление новых членов сообщества агентов или изменение функций некоторых агентов не требует перезагрузки всей информационной системы.

В качестве базовой модели класса интеллектуального агента IA используется модель, разработанная на основе требований FIPA (Federation of Intelligent Physical Agents) [11] – стандарта, который регулирует разработку МАС, а также определяет логическую модель агентной платформы и набор служб:

$$IA = \langle LA, CM, BM, O \rangle,$$

где  $LA$  – множество информационных атрибутов (идентификатор, имя, местоположение и т. д.);

$CM$  – коммуникационная модель (язык и методы для общения);

$BM$  – поведенческая модель (способы обработки сообщений);

$O$  – множество онтологий.

Предложенный подход может быть эффективно реализован в диалоговых системах управления (ДСУ) ИР, обеспечивающих взаимодействие лица, принимающего решение (ЛПР) и МАС. ДСУ представляет собой сложный аппаратно-программный комплекс, основными компонентами которого являются МАС и соответствующие база знаний (БЗ) и база данных (БД) [1, 3, 4, 7, 12 – 14].

БЗ содержит сведения различного характера, описывающие моделируемую ТС, а также формализованный накопленный опыт в процессе ее функционирования. БД предназначена для хранения необходимой фактографической информации.

Покажем, каким образом ДСУ позволяет решать задачи управления ИР ТС.

Рассмотрим задачу управления ИР ТС в виде задачи математического программирования:

$$ExtrF(X); XD = \{X | G(X) = 0, H(X) > 0\},$$

где  $F(X)$  – целевая функция;

$X$  – вектор управляемых параметров;

$XD$  – область допустимых решений;

$G(X) = 0$  – ограничения типа равенств;

$H(X) > 0$  – ограничения типа неравенств.

Пусть  $X_M \supset XD$  – множество возможных вариантов решений (стратегий). Пусть для любой фиксированной стратегии  $X \in X_M$  ДСУ дает возможность ЛПР получать определенную информацию о последствиях принятого решения. Форма, в которой эта информация поступает к ЛПР, может быть разнообразной (например, сообщения, таблицы, графики, чертежи, диаграммы и т. д.).

Считаем, что каждому фиксированному значению  $X$  ДСУ ставит в соответствие некоторую ситуацию  $S(X)$ , которая и поступает для анализа к ЛПР. Предполагается, что исследователь может сравнить две ситуации  $S_1 = S(X_1)$  и  $S_2 = S(X_2)$ , соответствующие двум различным стратегиям  $X_1$  и  $X_2$  из множества  $X_M$  и выбрать из них лучшую (либо утвердить их равноценность). Если система предпочтений транзитивна, то это означает, что данной системе предпочтений соответствует некоторый скалярный критерий эффективности  $W = F(X)$ , хотя его формальное выражение может быть и неизвестно.

Предлагается следующая схема поиска оптимального (в силу критерия  $W$ ) решения.

Пусть  $X_M \subset E^N$ , где  $E^N$  – евклидово пространство размерности  $N$ . Выберем опорное решение  $X_0 \in X_M$ . Это решение ЛПР должен предложить на основе своего накопленного опыта (или утвердить предложение ДСУ, поступившее из БЗ). Например, это может быть вектор функциональных параметров существующей ТС, характеристики которой необходимо улучшить.

Если бы формальное выражение критерия  $W$  было известно, то проблема локального улучшения опорного решения решалась бы просто. Для этого, как известно, необходимо было бы вычислить градиент функции  $F(X)$  при  $X = X_0$  и сделать шаг в направлении этого вектора.

Если  $\text{grad } F(X_0) \neq 0$  и шаг  $p$  достаточно мал, то вновь полученное решение  $X_R = X_0 + p \frac{\text{grad}F(X_0)}{|\text{grad}F(X_0)|}$  будет предпочтительнее в силу критерия

$W$ . Реализацию этой процедуры можно поручить МАС.

Однако наибольший интерес представляет случай, когда функция  $F(X)$  неизвестна. Все, что о ней можно знать, это лишь то, что она объективно существует в сознании ЛПР и позволяет ему делать выбор из некоторого конечного множества альтернатив, представленного множеством ситуаций  $S$ .

В этом случае поиск экстремума функции будет осуществляться в виде итеративной процедуры диалога между ЛПР и МАС следующим образом:

1. ЛПР инициализирует МАС и задает опорное решение  $X_0$ .
2. МАС с учетом имеемой информации в БЗ и БД формирует ситуацию  $S(X_0)$  по опорному решению.
3. МАС в достаточно малой окрестности опорного решения строят множество вспомогательных решений  $X_0^k$ ,  $k = 1, N$ .
4. МАС, пользуясь БЗ и БД, воспроизводит множество ситуаций  $S(X_0^k)$ ,  $k = 1, N$ .
5. ЛПР анализирует множество построенных ситуаций, упорядочивает их по системе предпочтений и выбирает лучший вариант в смысле критерия  $F(X)$ . Выбрав лучший вариант из множества ситуаций, ЛПР тем самым утверждает в качестве опорного решения некоторое решение  $X_0^i$ , тем самым обеспечивая направление действий МАС по достижению оптимального решения.

Моделирование процессов управления ИР ТС в условиях указанной процедуры позволяет обучить МАС для действия не только в классе стандартных ситуаций, но и в ситуациях, которые требуют привлечения ЛПР.

За счет совместного использования преимуществ МАС и ЛПР в режиме диалога достигается:

- существенное сокращение времени управления ИР ТС;
- уменьшение затрат на разработку, эксплуатацию и обслуживание ИР ТС;
- функциональная гибкость и простота модификации ИР ТС;
- уверенность ЛПР в обоснованности принятых решений.

### **Список литературы**

1. Искандеров Ю.М., Гаскаров В.Д., Смоленцев С.В. Развитие транспортно-технологических процессов на основе интегрированных информационных систем // Транспортное дело России. 2019. № 5. С. 114–117.
2. Искандеров Ю.М., Гаскаров В.Д., Дорошенко В.И. О совершенствовании процессов управления речным транспортом с помощью интегрированных информационных систем // Речной транспорт (XXI век). 2019. № 4 (92). С. 44–46.
3. Искандеров Ю.М. Особенности информатизации транспортно-технологических процессов в цепях поставок // Информатизация и связь. 2019. № 4. С. 31–37.
4. Искандеров Ю.М., Рудых С.В., Пелевин А.Е. Подход к формированию интеллектуальной системы транспортно-логистической информации // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2019. Т. 11. № 6. С. 977–986.
5. Искандеров Ю.М., Ласкин М.Б., Лебедев И.С. Особенности моделирования транспортно-технологических процессов в цепях поставок // В сборнике: Имитационное моделирование. Теория и практика восьмая Всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. 2017. С. 110–113.
6. Искандеров Ю.М., Дорошенко В.И. Организация транспортно-технологических процессов на основе интегрированных информационных систем // В сборнике: «Новая экономика» и основные направления ее формирования. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. А.В. Яковлевой. 2016. С. 53–62.
7. Искандеров Ю.М. Построение моделей интегрированной информационной системы транспортной логистики на основе мультиагентных технологий // В сборнике: «Новая экономика и основные направления ее формирования». Сборник статей Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. А.В. Яковлевой. 2016. С. 62–69.
8. Искандеров Ю.М., Ершов А.А. Об интеллектуальном проектировании АСУ для транспортно-логистических систем // В сборнике: Логистика: современные тенденции развития Материалы XVII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 203–206.
9. Свистунова А.С., Чумак А.С. Интеллектуализация информационного обеспечения процесса перевозки негабаритных грузов // В сборнике: Логистика: современные тенденции развития. Материалы XVII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 76–79.
10. Искандеров Ю.М. Мультиагентные системы для управления логистическими функциями в цепях поставок // В сборнике: Логистика: современные тенденции

развития. Материалы XVIII Международной научно-практической конференции. 2019. С. 219–221.

11. IEEE Foundation for Intelligent Physical Agents. URL: <http://www.fipa.org>.

12. Искандеров Ю.М., Свистунова А.С., Чумак А.С. Системный анализ показателей качества комплексных логистических технологий при доставке грузов // В сборнике: Системный анализ в проектировании и управлении сборник научных трудов XXIII Международной научно-практической конференции. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2019. С. 251–262.

13. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб.пособие для вузов / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высш. шк., 2004. 616 с.

14. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / В.Н. Волкова, Г.В. Горелова, В.Н. Козлов [и др.]; под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Издательство Юрайт, 2014. 592 с.

УДК 303.732.4

doi:10.18720/SPBPU/2/id20-175

*Ласкин Михаил Борисович*<sup>1</sup>,

канд. физ.-мат. наук, доцент,

стар. науч. сотр., СПИИРАН;

*Свистунова Александра Сергеевна*<sup>2</sup>,

мл. науч. сотр. СПИИРАН;

*Талавиря Александр Юрьевич*<sup>3</sup>,

аспирант НИУ ВШЭ, СПИИРАН

## **ОЦЕНКА СУТОЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПУНКТА ВЗИМАНИЯ ПЛАТЫ НА СЪЕЗДЕ ВНУТРИГОРОДСКОЙ ПЛАТНОЙ ДОРОГИ**

<sup>1, 2, 3</sup> Санкт-Петербургский Института Информатики и Автоматизации  
Российской Академии Наук (СПИИРАН), Санкт-Петербург, Россия,

<sup>1</sup> [laskinmb@yahoo.com](mailto:laskinmb@yahoo.com), <sup>2</sup> [svistunova\\_alexandra@bk.ru](mailto:svistunova_alexandra@bk.ru)

<sup>3</sup> Национальный Исследовательский Университет

Высшая Школа Экономики (НИУ ВШЭ),

Департамент логистики и управления цепями поставок

в Санкт-Петербурге, Санкт-Петербург, Россия,

<sup>3</sup> [a.talaviryaya@yandex.ru](mailto:a.talaviryaya@yandex.ru)

**Аннотация.** Данная статья посвящена платным дорогам как объекту современной транспортной инфраструктуры. На примере платной дороги Западный Скоростной Диаметр производится оценка суточной интенсивности движения на пункте взимания платы путем приближения эмпирического ряда наблюдений несколькими первыми членами тригонометрического, определены коэффициенты и