

## **РАЗРАБОТКА МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ РЕАЛИЗАЦИИ ТРАНСКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ С УЧЕТОМ ИНТЕРЕСОВ АГЕНТОВ РАЗНОГО УРОВНЯ**

*Татьяна Николаевна Есикова*

Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 17, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)333-25-96, e-mail: T.N.Yesikova@gmail.com

*Светлана Витальевна Вахрушева*

Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1, аспирант, тел. (983)314-94-41, e-mail: s.vakhr@gmail.com

*Шавкат Нуриддин угли Юлдашов*

Новосибирский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 1, магистрант, тел. (923)120-20-18, e-mail: shavkatbek28.12@gmail.com

В работе рассматриваются вопросы разработки мультиагентных систем для сопровождения реализации проектов трансконтинентальных магистралей. На принятие решений по транспортным магистральям большее влияние оказывает вес, доверие экспертов, геостратегов, различных властных структур, think-центров и др., а также информационное поле, которое формируется по мере освещения этой темы в средствах массовой информации, в том числе в интернет-пространстве. Постановка задачи и формализация мультиагентной системы проводилась на примере транспортных проектов Центральной и Средней Азии. В статье приводится формализованная модель и характеристика роли отдельных элементов окружающей среды и самих агентов.

**Ключевые слова:** инфраструктурные мегапроекты, мультиагентные системы (МАС), Центральная Азия, международные транспортные коридоры

## **DEVELOPMENT OF MULTI-AGENT SYSTEMS TO SUPPORT THE IMPLEMENTATION PROCESSES OF TRANSCONTINENTAL HIGHWAYS, TAKING INTO ACCOUNT THE INTERESTS OF AGENTS OF DIFFERENT LEVELS**

*Tatyana N. Yesikova*

Institute of Economics and Industrial Engineering of SB RAS, 17, Prospect Akademik Lavrentiev St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Leading Researcher, phone: (383)333-25-96, e-mail: T.N.Yesikova@gmail.com

*Svetlana V. Vakhrusheva*

Novosibirsk State University, Department of Information Technologies, 1, Pirogova St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D. Student, phone: (983)314-94-41, e-mail: s.vakhr@gmail.com

*Shavkat N. Yuldashov*

Novosibirsk State University, Department of Mathematics and Mechanics, 630090, Novosibirsk, 1, Pirogova St., Graduate Student, phone: (923)120-20-18, e-mail: shavkatbek28.12@gmail.com

The paper deals with the development of multi-agent systems to support the implementation of projects of transcontinental highways. Decisions on transport routes are more influenced by the weight, trust of experts, geostrategists, various government agencies, think-centers, etc., as well as the information field that is formed as this topic is covered in the media, including on the Internet. space. The statement of the problem and the formalization of the multi-agent system was carried out on the example of transport projects in Central and Central Asia. The article provides a formalized model and characteristics of the role of individual elements of the environment and the agents themselves.

**Keywords:** infrastructure megaprojects, multi-agent systems (MAS), Central Asia, international transport corridors

### *Введение*

Продолжается активное переформатирование мирохозяйственной системы, в связи с изменением роли и веса отдельных стран, поиском ими новых рынков сбыта на фоне активного развития транспортной систем Евразийского континента. Это обусловлено объективными причинами: накопившимися проблемами в экономических системах и хозяйственных комплексах отдельных стран, смещением акцентов в развитии отдельных отраслей, изменением требований к отдельным факторам производства, а также начавшейся сменой элит в странах и др.

Мировой экономический кризис ускорил эти процессы, в связи с резким ростом транспортных издержек (вдвое увеличились цены на трансатлантических маршрутах и в три раза через Тихий океан). Переход мирохозяйственной системы на иной уровень интеграции макро- и мезорегионов потребует не только перевода транспортной системы на новый технологический и технический уровень, но и формирование новой, отвечающей времени, конфигурации транспортных сетей.

Предстоящие макроэкономические изменения определяют контуры будущей мировой транспортной сети. Необходим оперативный анализ имеющихся проектов, их систематизация и дифференциация с позиции ожидаемых результатов и возможных последствий (негативных).

Выбрать наиболее взвешенную стратегию реализации этих проектов сложно, ибо за каждым проектом стоят противоречивые интересы акторов разного типа (бизнеса, отдельных стран или их объединений, политических структур, и т.д.). В первой половине XXI века наиболее полно будет ощущаться влияние формирования цифровой экономики, то наиболее ярко проявится в Евразии. IT-технологии переведут проблемы торгово-экономических отношений между отдельными предприятиями Средней и Центральной Азии на качественно новый уровень. Страны (их компании, бизнесмены) могут получить возможность напрямую выходить из своих офисов на торговых партнеров в разных регионах мирохозяйственной системы и в удаленном режиме заключать с ними сделки.

Основными направлениями торговли и прочих взаимодействий между странами на Евразийском пространстве признаны следующие: ЕС – Россия (Брест – Москва – Казань) – Казахстан (Достык – Алашнькоу) – Китай (порт Ляньюньган); ЕС – Грузия – Азербайджан – Туркмения – Узбекистан – Киргизия – Цен-

тральный Китай; Турция – Иран – Туркменистан – Узбекистан – Казахстан – Западный Китай).

При этом ряд магистралей (Трансафганская, Узбекистан – Туркменистан – Иран, Западная Европа – Западный Китай и др.) могут столкнуться с проблемами недоиспользования их потенциала.

### *Методы и материалы*

– На этапе анализа проблемы оценки перспектив крупных транспортных проектов, их увязки друг с другом, был выбран аппарат мультиагентного моделирования.

– Этот инструментарий [1–11] позволяет следующее:

– а) наиболее полно отразить многовекторность большинства экономических агентов на территории какой бы страны они не функционировали. Это особенно актуально, когда речь идет о реализации проектов в регионах Средней и Центральной Азии;

– б) оценить влияние внутри социальных приоритетов и правил поведения и взаимоотношений, которые сложно прописать на другом формальном языке;

– в) выделить и постараться нивелировать влияние информационного шума, которого особенно много в информационном пространстве стран этого региона.

– В рамках рассматриваемой постановки задачи целесообразно предусмотреть в модели следующих агентов и групп агентов (*V*): «агенты-управленцы верхнего уровня», «агентов-управленцы регионального уровня», «агенты-хокимы», «агенты транснациональных компаний», «агенты региональных компаний», «агенты местных компаний», «агенты-лоббисты странового уровня», «агенты-лоббисты районного уровня» «агенты-инфопотока», и т.д. Отметим, что для каждой группы агентов свойственны свои правила и алгоритмы поведения.

– При разработке прототипов агентов мультиагентной системы также была уточнена структура окружающей среды, отвечающая данной постановке.

– Признано целесообразным введение следующих компонентов окружающей среды:

– конфликтные ситуации разного типа (экономические, приграничные, воздушные, железнодорожные, водные, ресурсные, территориальные и т. д.),

– трансконтинентальные магистрали (ТКМ): проектируемые, альтернативные, действующие и др.,

– «ожидания», порождаемые тем или иным вариантом прохождения трансконтинентальной магистрали,

– варианты управления процессом реализации проекта ТКМ,

– схемы взаимодействия управленцев верхнего и нижнего уровня (территории прохождения ТКМ),

– формы пространственной интеграции компаний разных стран, задействованных в процессе реализации проекта ТКМ,

– ресурсная база регионов прохождения магистрали

– и так далее.

## ***Результаты***

Разработан прототип мультиагентной системы сопровождения процессов реализации трансконтинентальных магистралей. Рассмотрена специфика мультиагентного подхода применительно к данному типу задач. Проведена классификации потенциально возможных элементов окружающей среды, которые в реальной жизни нередко оказывают решающее влияние на принимаемые решения. Спецификой объекта исследования обуславливают определенные проблемы, связанные с грамотным формированием информационного пространства, отвечающего временному периоду решения судьбы того или иного транспортного мегапроекта и сформировать данные для проведения достаточного количества экспериментов.

## ***Обсуждение***

Главная проблема разработки мультиагентных систем связана не только с постановкой задачи, которая отличается от экономико-математических задач другого типа, а также с трудоемкостью наполнения информацией и ее постоянным изменением в реальном мире по мере проведения расчетов и последующей верификации полученных результатов.

В качестве пилотного проекта рассматривался проект «Север-Юг», в связи с наличием и доступности информации. Отметим сложность сбора информации для последующего формализации поведения отдельных групп агентов. В перспективе необходимо уточнение структуры и набора агентов, а также написание специфицированным алгоритмов поведения для основных групп агентов.

## ***Заключение***

Результаты проведенного исследования позволили сформировать типовую структуру мультиагентной системы с выделением следующих групп:

- а) агенты, играющие решающую роль в процессе реализации транспортных проектов,
- б) элементы окружающей среды, значимые при принятии решений по этим мегапроектам.

Предлагаемая структура агентов и элементов окружающей среды может быть использована при моделировании процессов модернизации транспортных мега-проектов, которые обсуждаются в интернет-пространстве. Данный инструмент полезен на этапе анализа альтернативных вариантов реализации транспортных мегапроектов.

## ***Благодарности***

*Работа выполнена по плану НИР ИЭОПП СО РАН, проект № 12040100262-7.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зохидов А. Альтернативные транспортные коридоры в Центральной Азии: факторы, взаимозависимость и проблемы интеграции // Центральная Азия и Кавказ. – 2016. – т. 17, выпуск 1, – с. 167–178. Электронный ресурс: <https://cyberleninka.ru/article/n/alternativnyye-transportnye-koridory-v-tsentralnoy-azii-factory-vzaimozavisimost-i-problemy-integratsii>.
2. Тарасов В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте. – [Электронный ресурс]: URL: <http://www.raai.org/library/ainews/1998/2/TARASOV.ZIP>
3. Хорошевский В.Ф. Методы и средства проектирования и реализации мультиагентных систем // Матер. семинара «Проблемы искусственного интеллекта». – ИПУ РАН, 1999.
4. Frank Didik. Proposal for a Trans Global Highway. – [Электронный ресурс] URL: <http://www.transglobalhighway.com/>.
5. G. Rzhovsky. Multi-agent systems in logistics and e-commerce, [Электронный ресурс]: URL: <https://blog.iteam.ru/multiagentnye-sistemy-v-logistike-i-e-kommertsii/#i-5>.
6. Скобелев П.О. Открытые мультиагентные системы для оперативной обработки информации в процессах принятия решений // Автометрия. – 2002. – № 6. – с. 45–61.
7. Маслобоев А.В. Механизмы взаимодействия и координации агентов в открытой мультиагентной системе информационной поддержки региональных инновационных структур. Теория и практика системной динамики: Труды II-ой Всерос. науч. конф., Апатиты, КНЦ РАН, 2007.
8. Новосельский Г.Я. Транспортная интеграция в Центральной Азии и Россия. - [Электронный ресурс]: URL: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/34468/1/urrr\\_2015\\_90.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/34468/1/urrr_2015_90.pdf)
9. Шабунин А.Б., Кузнецов Н.А., Скобелев П.О., Бабанин И.О., Кожевников С.С., Симонина Е.В., Степанов М.Е., Царев А.В. Разработка мультиагентной системы адаптивного управления ресурсами ОАО «РЖД» // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2012.
10. Пышный В.А. Моделирование загрузки транспортной сети / Известия ТулГУ. Технические науки. – 2012 – Вып. 2 – с. 457–473.
11. Скобелев П. О., Майоров И. В. Мультиагентные технологии и самоорганизация сетей связанных расписаний для управления ресурсами в реальном времени // [Электронный ресурс]: Морские информационно-управляющие системы: электрон. научн. журн. 2015. №7. URL: [http://www.kg.ru/wp-content/uploads/2016/02/31\\_ИУМорские-системы\\_№17\\_2015\\_-2.pdf](http://www.kg.ru/wp-content/uploads/2016/02/31_ИУМорские-системы_№17_2015_-2.pdf).

© Т. Н. Есикова, С. В. Вахрушева, Ш. Н. Юлдашов, 2021