

Использование агент-ориентированных моделей для расширения стратегического функционала ситуационного центра Кузбасса*

В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Е.Д. Сушко, В.И. Абрамов, Д.С. Евдокимов
Центральный экономико-математический институт Российской академии наук,
117418, Москва, Нахимовский просп., д. 47

Аннотация. Развитие региональных ситуационных центров в Российской Федерации является одним из приоритетных направлений цифровизации, позволяющей выйти на новый уровень организации государственного управления. А интеграция таких центров в общую систему распределенных ситуационных центров позволяет осуществлять мониторинг социальной, экономической и экологической сфер, как в субъектах Федерации, так и в стране в целом, что способствует повышению эффективности государственного управления. Главным отличием ситуационных центров нового поколения является развитие аналитического блока, использующего возможности экономико-математического и компьютерного моделирования происходящих в обществе процессов в системах поддержки управленческих решений. Современные системы поддержки решений способны не только обеспечивать поиск и визуализацию хранящейся в базах данных информации, но и могут использоваться для оценки последствий реализации планируемых управленческих решений. Таким образом, в рамках регионального ситуационного центра возможно создание полигона, предназначенного для апробации управленческих решений и выбора наиболее приемлемых вариантов. В работе представлен концепт агент-ориентированной социо-эколого-экономической модели, как цифрового аналога Кемеровской области. Модель предназначена для постановки компьютерных экспериментов по прогнозированию социально-экономических и экологических показателей региона при различных условиях внешней для области среды, а также при реализации различных проектов. Разработанный инструмент может быть в дальнейшем расширен с учетом специфики региона и актуальных задач местных органов власти.

Ключевые слова: региональное управление, ситуационный центр, экономико-математические методы, математическое моделирование, имитационное моделирование, агент-ориентированное моделирование

Для цитирования: Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д., Абрамов В.И., Евдокимов Д.С. Использование агент-ориентированных моделей для расширения стратегического функционала ситуационного центра Кузбасса. *Экономика в промышленности*. 2020. Т. 13. № 3. С. 300–307. DOI: 10.17073/2072-1633-2020-3-300-307

Using agent-based models to expand strategic functionality of the Kuzbass situation centers

V.L. Makarov, A.R. Bakhtizin, E.D. Sushko, V.I. Abramov, D.S. Evdokimov
Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences,
47 Nakhimovskiy Prospekt, Moscow 117418, Russia

Abstract. Development of regional situational centres in the Russian Federation is one of the priority trends of digitalization which leads the organization of state management to a new level. Integration of such centres into a unified system of distributed situational centers will allow performing monitoring of social, economic and ecological spheres both locally and in the whole country which increases the efficiency of state management. The main difference of the situational centres of the new generation is the development of analytical unit which exploits the opportunities of economic and mathematical and computer modeling of social processes in the systems for maintaining of management decisions. Modern systems for

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-29-03139).

maintaining of management decisions are able to maintain search and visualization of data and can be used for estimating the consequences of implementation of management decisions planned. Thus, within the regional situational centre it is possible to create a polygon for approbating management decisions and choosing the most appropriate options. The authors introduce the concept of agent-oriented social ecological economical model as a digital analogue of the Kemerovo region. The model is assigned for making computer experiments on forecasting social-economic and ecological indexes of the region under different conditions of outer environment and during realization of different projects. The tool can be developed further on depending on the region's specificity and the current tasks of the local authorities.

Keywords: regional administration, situational centre, economic and mathematical methods, mathematical modeling, imitational modeling, agent-oriented modeling

For citation: Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sushko E.D., Abramov V.I., Evdokimov D.S. Using agent-based models to expand strategic functionality of the Kuzbass situation centers. *Ekonomika v promyshlennosti = Russian Journal of Industrial Economics*. 2020. Vol. 13. No. 3. Pp. 300–307. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1633-2020-3-300-307

使用以代理为导向的模型来扩展库兹巴斯情境中心的战略功能

马卡罗夫 V.L., 巴赫季津 A.R., 苏施科 E. D., 阿布拉莫夫 V.I., 叶夫多基莫夫 D.S.

俄罗斯科学院中央经济与数学研究所
117418, 莫斯科, 纳希莫夫斯基大街47号

简评. 发展俄罗斯联邦地区情境中心是数字化的优先方向之一, 可以使公共行政的组织上升到新水平。将这些中心整合到分布式情境中心的总系统中, 可以监视联邦主体以及整个国家的社会、经济和生态领域, 从而有助于提高公共行政效率。新一代情境中心的主要区别是发展分析单元, 该单元利用经济、数学和计算机模拟的能力, 模拟管理决策支持系统中社会发生的过程。现代决策支持系统不仅能够保证存储在数据库中的信息的搜索和可视化, 而且还可以评估实施计划管理决策的后果。因此, 在地区情境中心的框架内, 有可能创建一个试验场, 用于测试行政决策和选择最可接受的方案。本文提出了一种以代理为导向的社会-生态-经济模型, 作为克麦罗沃地区的数字模拟的概念。该模型旨在建立计算机实验, 以预测该地区在外部环境的各种条件下以及在实施各种项目期间的社会经济和环境指标。考虑到该地区的具体情况和地方当局的实际任务, 可以进一步扩展该开发的工具。

关键词: 地区管理, 情境中心, 经济和数学方法, 数学模型, 仿真建模, 以代理为导向的模型

Введение

Обеспечение возможности принятия своевременных и взвешенных решений, их информационной поддержки, является актуальной задачей для эффективного управления регионом. Важнейшим инструментом, предназначенным для решения этой задачи, являются региональные ситуационные центры, которые вместе с подобными отраслевыми центрами включаются в единую систему распределенных ситуационных центров страны. Основу региональных ситуационных центров составляют системы сбора, обработки и накопления акту-

альной информации о самых разнообразных аспектах экономической и социальной жизни региона. Для того, чтобы накопленная информация в полной мере использовалась при принятии управленческих решений, в ситуационных центрах создаются системы поддержки принятия решений разного уровня – начиная от простых информационно-поисковых систем и систем визуализации, облегчающих восприятие информации и ускоряющих формирование решений, и заканчивая «советующими» системами, способными подбирать аналоги из накопленного собственного опыта, а также

удачного опыта других регионов. Чем «интеллектуальней» система поддержки управленческих решений, тем более разнообразные методы моделирования используются ее разработчиками. Так, первоочередной задачей регионального управления, как текущего, так и стратегического, является планирование, в основе которого лежит использование реалистичных прогнозов социально-экономической ситуации на предстоящий период, подготовленных с помощью многоаспектного анализа больших объемов информации. Однако те возможности, как методов моделирования, так и вычислительной техники, которые появились в последние годы, позволяют создавать системы поддержки управленческих решений нового поколения, включающие инструменты, предназначенные для достоверного воссоздания возможных состояний региона в зависимости от влияния множества факторов, включая влияние управляющих воздействий. Таким образом, современные системы моделирования могут использоваться для оценки будущих результатов реализации планируемых управленческих решений, и создания в рамках ситуационных центров полигонов, предназначенных для апробации подобных решений и выбора наиболее приемлемых вариантов. Такой функционал регионального ситуационного центра важен, в первую очередь, при стратегическом планировании, так как в этом случае цена ошибки особенно высока [1].

Научным коллективом ЦСИ МГУ им. М.В. Ломоносова под руководством В.Л. Квинта в рамках сотрудничества с Администрацией Кемеровской области во главе с губернатором С.Е. Цивилевым разработана «Стратегия развития Кемеровской области – Кузбасса на период до 2035 года и более длительную перспективу» [2–3]. В то же время, в Кемеровской области создается региональный ситуационный центр, который будет оборудо-

ван современной техникой, и на базе которого может быть развернут модельный полигон для апробации управленческих решений, что, на наш взгляд, позволит ему стать инструментом, способствующим успешной и эффективной реализации принятой Стратегии

Региональный ситуационный центр Губернатора Кемеровской области

В настоящее время ситуационные центры, в своем классическом понимании, отсутствуют на территории Кемеровской области, однако регион располагает корпоративными диспетчерскими центрами на таких крупных предприятиях, как АО «СУЭК-Кузбасс», «Азот», «Евраз», «СДС-Уголь» и др. Также в регионе готовится запуск информационно-аналитической системы ситуационного центра Губернатора Кемеровской области^{1, 2}. Так, в августе 2018 г. подготовлено техническое задание на проектирование комплекса программно-вычислительных средств и информационно-аналитической системы, которое прошло согласование в отделении Центра специальной связи и информации Федеральной службы охраны Российской Федерации (ЦССИ ФСО РФ) в Кемеровской области, а в мае 2020 года победитель конкурсной процедуры приступил к выполнению работ по проектированию ситуационного центра.

Ситуационный центр губернатора Кемеровской области будет аккумулировать данные всех основных государственных учреждений, и эти данные планируется использовать для составления среднесрочных и долгосрочных прогнозов по всем ключевым показателям региона [4–5]. Одно создание общей внутренней системы обмена информационными данными способно значительно сократить время принятия решений и, как результат – повысить эффективность работы всех структур, входящих в ее состав [6].

Кроме того, создание ситуационного центра, который в дальнейшем будет использоваться в качестве оперативного штаба для принятия важнейших решений в сфере государственного управления, станет заметным шагом по реализации поставленных задач цифровизации^{3, 4}, как одного из направлений указанной выше Стратегии.

Важно подчеркнуть, что использование в ситуационном центре Кемеровской области развитого модельного инструментария будет способствовать тому, что он сможет не только обеспечивать информационную поддержку в системах принятия решений, но и позволять лицам, планирующим ответственные решения:

¹ Указ Президента Российской Федерации от 25.07.2013 № 648 «О формировании системы распределенных ситуационных центров, работающих по единому регламенту взаимодействия».

² Распоряжение от 20 декабря 2016 года № 102-рг «О создании ситуационного центра Губернатора Кемеровской области».

³ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»

⁴ Распоряжение Правительства Кемеровской области – Кузбасса «Об утверждении паспорта регионального проекта «Цифровые технологии» от 11 сентября 2019 г. № 566-р

- получать кратко-, средне- и долгосрочные прогнозы социально-экономических показателей для разных сценариев развития общей экономической ситуации, учитывающих не только внутрирегиональные характеристики, но и параметры внешней для региона среды;

- апробировать различные управляющие воздействия и их комплексы и получать оценку последствий реализации этих воздействий;

- на основе использования человеко-машинного взаимодействия ставить компьютерные эксперименты, в ходе которых «проигрывать» множество различных ситуаций, а также оценивать последствия реализации в предложенных ситуациях различных управляющих воздействий для выбора наиболее приемлемого варианта;

- на основе комплексного моделирования оценивать не только ближайшие последствия реализации управляющих воздействий, но и последствия косвенные и/или отдаленные во времени, что, в свою очередь, позволяет осуществлять согласование решения текущих задач с достижением более масштабных стратегических целей.

Для обеспечения перечисленных выше функций необходимо использование всего спектра методов экономико-математического и компьютерного моделирования. Главное условие – обеспечение реалистичности создаваемых моделей и их адекватности конкретным задачам управления, с тем, чтобы можно было переносить выводы, сделанные по результатам моделирования, на существующую в действительности сложную региональную систему.

В последние годы для комплексного моделирования больших социально-экономических систем все шире применяется имитационное моделирование, в частности, моделирование агент-ориентированное. «Большая система» в данном контексте – это не просто обозначение масштаба моделируемого объекта, а термин из теории активных (больших) систем [7]. Большие системы, по В.Н. Буркову, отличаются тем, что включают самостоятельных акторов, обладающих собственными ресурсами, интересами (целевой функцией) и способностью действовать в этих своих интересах. Такие системы наиболее полно могут описывать сложные социальные системы. Учитывая то, что агент-ориентированная модель (АОМ) построена на имитации поведения множества самостоятельных агентов, представляющих акторов реального мира, а состояние всей системы изменяется в результате агрегирования действий

этих отдельных агентов, очевидно, что именно АОМ способна стать наиболее релевантной моделью большой региональной системы [8].

В ЦЭМИ РАН под руководством академика В.Л. Макарова в течение ряда лет разрабатывается собственный подход к созданию региональных АОМ [9]. Основное в этом подходе – создание АОМ как искусственного общества, в котором как можно более точно воспроизводится социально-экономическая структура и экологические условия моделируемого региона, и на этой основе имитируются происходящие в нем взаимосвязанные экономические, экологические и социальные процессы. Причем, пользователям АОМ предоставляются широкие возможности для управления этими процессами в ходе компьютерных экспериментов. Именно на основе данного подхода и предполагается создавать комплекс моделей для ситуационного центра Кемеровской области.

Концепт социо-эколого-экономической модели Кемеровской области

Главной задачей разрабатываемой комплексной социо-эколого-экономической модели Кемеровской области является объединение ее функциональных блоков в единую взаимосвязанную систему, охватывающую важнейшие сферы социальной жизни Кемеровской области. Присутствие в модели экологического блока представляется особенно важным с учетом сложной экологической ситуации в регионе [10]. В модели создаются популяции агентов двух типов: агенты-люди и агенты-организации (юридические лица). Ниже представлено более детальное описание структурных элементов модели.

Блок «природная среда» содержит оценочные характеристики, относящиеся к природным ресурсам (полезные ископаемые, водные ресурсы, чистота воздуха и др.), которые необходимы для определения уровня удовлетворенности жизнью агентов-людей в модели. Для визуализации данных о природных ресурсах на территории региона используется ГИС-карта. Кроме того, функционал модели позволяет производить расчет уровня загрязнения окружающей среды в определенные периоды времени и в зависимости от двух составляющих – естественных причин и вследствие негативного человеческого воздействия.

Уровень загрязнения приводится для каждой из трех сред: воды, почвы и воздуха. Исходя из общего показателя экологической обстановки, муниципальные образования Кемеровской области разделяются на три категории: нахо-

дящихся в пределах нормы, в состоянии экологического кризиса, и переживающих экологическое бедствие. Последний класс наиболее негативно влияет на уровень смертности и заболеваемости агентов [11].

Блок «*общественное устройство*» содержит совокупность показателей, характеризующих социальное, экономическое, и экологическое состояние региона в целом, а также входящих в него отдельных муниципальных образований. Кроме того, в модели предусмотрена система действующих на территории Кемеровской области полномочий, которая включает оценку налоговых ставок и систему штрафов за загрязнение окружающей среды. Дополнительным критерием оценки является функция распределения доходной части бюджета региона на два уровня: субъекта РФ и муниципальных образований. Такое деление соответствует действующему законодательству РФ, однако модель в процессе проведения сценарных экспериментов предусматривает возможность вариации объемов бюджетных средств, выделяемых на социальные и общественные нужды.

Блок «*экономическая жизнь*» позволяет учитывать различные аспекты развития Кемеровской области. Так, пространственный аспект предусматривает размещение производственных мощностей и ресурсов на территории региона с целью их успешного и продуктивного функционирования, а также для развития транспортной инфраструктуры. Для оценки экологической составляющей производственной деятельности у агентов-организаций предусмотрена функция загрязнения окружающей среды в результате сброса сточных вод и выбросов вредных веществ в атмосферу. Масштабы загрязнения региона рассчитываются с учетом специализации агента-организации (прямая зависимость от его отраслевого предназначения) и объемов производства. Ко всему прочему, такие агенты могут нуждаться в выделении дополнительных денежных средств на восстановление экологической обстановки. В модели также предусмотрены удельные расходы агентов-организаций на уменьшение вредных выбросов в атмосферу и модернизацию очистных сооружений.

Блок «*население региона*» содержит популяцию агентов-людей, каждый из которых обладает такими свойствами, как: пол, возраст, уровень образования, доход, трудоспособность и др. Случайное распределение значений данных характеристик агентов предусмотрено в

соответствии с фактическими показателями численности и структуры населения, проживающего в исследуемом регионе. Характеристика «полезности» агентов трудоспособного возраста с точки зрения их участия в общественном производстве определяется с помощью оценочного критерия трудового потенциала, который зависит от других характеристик – здоровья, стажа работы, образования и трудоспособности. Данный тип агентов, как и в случае агентов-организаций, оказывает экологическое влияние на регион, которое зависит от их местоположения и среднего объема производимых отходов на одного жителя. С помощью «системы ценностей» агентов в модели предусмотрены жизненные приоритеты агента и их удовлетворенность положением в обществе и качеством жизни (которое включает доход и экологическое благополучие района проживания). Следующей характеристикой является показатель активности, который выражается в способности агентов совершать те или иные действия для самопроизвольного увеличения или уменьшения своих характеристик. С помощью такой подсистемы возможно воспроизвести экономическую «жизнь» целого региона.

Трудоспособность также можно считать одним из важнейших показателей, обуславливающим стремление агентов обеспечить себя качественными условиями для жизни и достойными условиями оплаты труда. Стремясь улучшить свое положение, агенты принимают решения о повышении собственной квалификации, смене специальности или места работы, а также места жительства.

Уровень здоровья зависит от различных факторов внешней среды (объемы финансирования здравоохранения, экологическая обстановка и др.) таким образом, что снижение перечисленных показателей приводит к ухудшению здоровья агентов. В свою очередь, это приводит к снижению трудового потенциала агентов-людей, который играет роль фактора труда для агентов-организаций, предоставляющих рабочие места.

Воспроизводимые в модели индивиды и организации имеют возможность передавать различные сигналы и реагировать на них, а также принимать самостоятельные решения на основании оценки состояния внешней среды, представленной в виде муниципальных образований – городских округов и муниципальных районов Кемеровской области.

Для реализации АОМ Кемеровской области должно быть разработано специализированное

программное обеспечение, причем, агент-ориентированный подход полностью соответствует современной парадигме объектно-ориентированного программирования. В этой парадигме основу программного комплекса составляет система формальных конструкций – «классов», которые представляют в искусственной (цифровой) среде объекты реального мира и управляют их поведением. Для АОМ Кемеровской области, кроме классов агентов-людей и агентов-организаций, о характеристиках которых уже сказано выше, предусмотрены также классы муниципальных образований и ключевых государственных учреждений Кемеровской области.

Так как АОМ Кемеровской области предназначена для постановки компьютерных экспериментов, большое значение имеет организация ее интерфейса, который должен предоставлять пользователю возможность варьировать управляющие параметры модели и наблюдать соответствующие изменения социальных, экономических и экологических показателей, являющихся результатами моделирования.

Для того чтобы пользователям было удобно проводить компьютерные эксперименты по апробации управленческих решений, архитектура АОМ дополняется еще одним классом – классом «проектов», который напрямую связан с интерфейсом модели и будет представлять собой аналог реальных планируемых мероприятий. В данном контексте под проектом понимается любое комплексное воздействие на региональную систему, изменяющее условия существования отдельных групп экономических агентов. Так, проектом может быть и строительство нового социального объекта, и открытие нового производства. Кроме того, проекты могут иметь институциональный характер, например, задавать новые правила и нормативы для отдельных категорий агентов. Например, введение нового механизма экологического регулирования, показанное в работе [12], также может рассматриваться в качестве проекта. Свойствами проекта в модели являются: условия и время его старта, перечень участников (или правило формирования этого перечня, например, категория участников), перечень работ и/или спецификация управляемых параметров, этапы реализации и необходимые ресурсы.

Использование механизма проектов при работе с моделью приближает сценарии компьютерных экспериментов к приемам планирования, привычным для принимающих решения людей, а также делает оценку последствий тех или иных управленческих решений более наглядной.

Заключение

Использование в системе поддержки принятия решений на уровне региона реалистичных агент-ориентированных имитаций позволяет выйти на качественно новый уровень прогнозирования экономических, демографических, экологических и других ключевых показателей региона. Кроме того, использование агент-ориентированной социо-эколого-экономической модели Кемеровской области, благодаря возможности проведения разнообразных сценарных экспериментов, сможет в перспективе обеспечить органы власти высокоэффективным инструментом для подготовки различных управленческих решений в режиме реального времени, иными словами – позволит им «работать на опережение». Наиболее остро данная потребность испытывается в особые периоды жизни региона и при возникновении различных чрезвычайных ситуаций [13].

Представленный в работе концепт агент-ориентированной модели, в основе которого лежит имитация ключевых аспектов жизнедеятельности Кемеровской области, может быть в дальнейшем расширен с учетом специфики региона и актуальных задач местных органов власти.

Библиографический список

1. *Холостов К.М.* Ситуационные центры как инструмент повышения эффективности управления // Труды Академии управления МВД России. 2013. № 1 (25). С. 22–25.
2. *Квинт В.Л.* Концепция стратегирования. СПб.: СЗИУ РАНХиГС. 2019. Т. 1. 132 с.
3. Закон Кемеровской области от 26 декабря 2018г. №122-ОЗ «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области до 2035 года». URL: <http://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc&base=RLAW284&n=94009#08922859231394584> (дата обращения: 21.07.2020).
4. *Зацаринный А.А., Ильин Н.И., Колин К.К., Лепский В.Е., Малков С.Ю., Москвич Ю.Н., Райков А.Н., Славин А.Б., Славин Б.Б.* Ситуационные центры развития как интеграторы государственного управления в саморазвивающихся полисубъектных средах. М.: Когито-Центр. 2019. 252 с.
5. *Лепский В.Е., Райков А.Н.* Социогуманитарные аспекты ситуационных центров развития. М.: Когито-Центр. 2017. 416 с.
6. *Ильин Н.И.* Интеллектуализация ситуационных центров развития // Сборник научных

трудов участников VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы глобальных исследований: Россия в глобализирующемся мире». М. Межрегиональная общественная организация содействия изучению, пропаганде научного наследия Н.Д. Кондратьева, 2019. С. 24–127.

7. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999. 128 с.

8. Trajkovski G., Collins S.G. Handbook of Research on Agent-Based Societies: Social and Cultural Interactions. New York: Information Science Reference Hershey, 2009. 437 p.

9. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. Агент-ориентированная социо-эколого-экономическая модель региона // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. Т. 11. № 3 (288). С. 2–11.

10. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2019 году. Департамент природных ресурсов и экологии Кемеровской области, г. Кемерово, 2020. 219 с. URL: http://ecokem.ru/wp-content/uploads/2020/02/doclad_2019.pdf (дата обращения: 28.05.2020).

11. Методика «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия». URL: <https://legalacts.ru/doc/metodika-kriterii-otsenki-ekologicheskoi-obstanovki-territorii-dlja/> (дата обращения: 21.07.2020).

12. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. Агент-ориентированная модель как инструмент регулирования экологии региона // Журнал Новой экономической ассоциации. 2020. №1 (45). С. 151–171.

13. Абрамов В.И. Применение агент-ориентированного подхода и суперкомпьютерных технологий для моделирования сценариев предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в регионах и крупных городских агломерациях России // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2018. № 5 (64). С. 91–93.

References

1. Kholostov K.M. Situational centers as a tool to improve management. *Trudy Akademii upravleniya MVD Rossii = Proceedings of the Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 2013. No. 1 (25). Pp. 22–25. (In Russ.)

2. Kvint V.L. *Kontseptsiya strategirovaniya* [Strategy development concept]. St. Petersburg: SZIU RANHIGS, 2019. Vol. 1. 132 p. (In Russ.)

3. The law of the Kemerovo region of 26.12.2018 №122-OZ «On approval of the Strategy for socio-economic development of the Kemerovo region until 2035». Available at: <http://www.consultant.ru/regbase/cgi/online.cgi?req=doc&base=RLAW284&n=94009#08922859231394584> (accessed: 21.07.2020). (In Russ.)

4. Zatsarinnyy A. A., Il'in N.I., Kolin K.K., Lepskiy V.Ye., Malkov S.YU., Moskvich Y.N., Raykov A.N., Slavin A.B., Slavin B.B. *Situatsionnyye tsentry razvitiya kak integratory gosudarstvennogo upravleniya v samorazvivayushchikhsya polisub»yektnykh sredakh* [Situational development centers as integrators of public administration in self-developing multisubject environments]. Moscow: Kogito-Tsentr, 2019. 252 p. (In Russ.)

5. Lepskiy V.Y., Raykov A.N. *Sotsiogumanitarnyye aspekty situatsionnykh tsentrov razvitiya* [Socio-humanitarian aspects of situational development centers]. Moscow: Kogito-Tsentr, 2017. 416 p. (In Russ.)

6. Il'in N.I. *Intellectualizatsiya situatsionnykh tsentrov razvitiya* [Intellectualization of situational development centers]. *Collection of scientific works of the participants of the VI All-Russian scientific-practical conference with international participation «Actual problems of global research: Russia in the globalizing world»*. Moscow: Mezhregional'naya obshchestvennaya organizatsiya sodeistviya izucheniyu, propagan-de nauchnogo naslediya N.D. Kondrat'eva, 2019. Pp. 24–127 (In Russ.)

7. Burkov V.N., Novikov D.A. *Teoriya aktivnykh sistem: sostoyanie i perspektivy* [Theory of active systems: state and prospects]. Moscow: Sinteg, 1999. 128 p. (In Russ.)

8. Trajkovski G., Collins S.G. Handbook of Research on Agent-Based Societies: Social and Cultural Interactions. New York: Information Science Reference Hershey, 2009. 437 p.

9. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sushko E.D. An agent-oriented social-ecological-economic model of a region. *National Interests: Priorities and Security*. 2015. Vol. 11. No. 3 (288). Pp. 2–11. (In Russ.)

10. Report on the state and environmental protection of the Kemerovo region – Kuzbass in 2019. Department of Natural Resources and Ecology of the Kemerovo Region, Kemerovo, 2020. 219 p. Available at: http://ecokem.ru/wp-content/uploads/2020/02/doclad_2019.pdf (accessed: 28.05.2020). (In Russ.)

11. Methodology «Criteria for assessing the environmental situation of territories to identify areas of environmental emergency and zones of environmental disaster». Available at: <https://legalacts.ru/doc/metodika-kriterii-otsenki-ekologicheskoi-obstanovki-territorii-dlja/> (accessed: 21.07.2020). (In Russ.)

12. Makarov V.L., Bahtizin A.R., Sushko E.D. Agent-based model as a tool for controlling environment of the region. *The Journal of*

the New Economic Association. 2020. No. 1 (45). Pp. 151–171 (In Russ.)

13. Abramov V.I. Application of agent-based approach and supercomputer technologies for modeling emergency scenarios in regions and large urban agglomerations of Russia. *Competitiveness in the Global World: Economics, Science, Technology*. 2018. No. 5 (64). Pp. 91–93 (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Макаров Валерий Леонидович – академик РАН, д-р физ.-мат. наук, проф., Научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, makarov@cemi.rssi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2802-2100>, 117418, Москва, Нахимовский просп., д. 47

Бахтизин Альберт Рауфович – член-корреспондент РАН, д-р экон. наук, проф., Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, Россия, albert.bakhtizin@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-9649-0168>, 117418, Москва, Нахимовский просп., д. 47

Сушко Елена Давидовна – канд. экон. наук, Ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, Россия, sushko_e@mail.ru, 117418, Москва, Нахимовский проспект, д. 47

Абрамов Владимир Иванович – канд. экон. наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, wladimir.abramow@gmail.com, 117418, Москва, Нахимовский просп., д. 47

Евдокимов Дмитрий Сергеевич – младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Центральный экономико-математический институт Российской академии наук, Россия, ds_evdokimov@mail.ru, 117418, Москва, Нахимовский просп., д. 47

Valery L. Makarov – Academician of RAS, Dr. Sc. (Phys.-Math.), Professor, Scientific Director of Federal State Budgetary Institution of Science of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, makarov@cemi.rssi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2802-2100>, 47 Nakhimovskiy Prospekt, Moscow 117418, Russia

Albert R. Bakhtizin – Corresponding Member of RAS, Dr. Sc. (Econ.), Professor, Director of Federal State Budgetary Institution of Science of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, albert.bakhtizin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9649-0168>, 47 Nakhimovskiy Prospekt, Moscow 117418, Russia

Elena D. Sushko – PhD (Econ.), Leading researcher of Federal State Budgetary Institution of Science of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, sushko_e@mail.ru, 47 Nakhimovskiy Prospekt, Moscow 117418, Russia

Vladimir I. Abramov – PhD (Econ.), Senior Researcher of Federal State Budgetary Institution of Science of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, wladimir.abramow@gmail.com, 47 Nakhimovskiy Prospekt, Moscow 117418, Russia

Dmitry S. Evdokimov – Junior Researcher of Federal State Budgetary Institution of Science of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, ds_evdokimov@mail.ru, 47 Nakhimovskiy Prospekt, Moscow 117418, Russia

Поступила в редакцию 09.07.2020 г.; после доработки 10.09.2020 г.; принята к публикации 17.09.2020 г.