ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

УДК: 332.14, 519.86

JEL R12, R13, R48, C63, C68

DOI: 10.17213/2312-6469-2019-5-207-217

УПРАВЛЕНИЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫМИ ПРОЕКТАМИ В АГЕНТНОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ¹

© А.Л. Машкова, Е.В. Новикова, О.А. Савина 2019

*Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева,
г. Орел, Россия*

В статье представлена компьютерная модель пространственного развития России, предназначенная для оценки программ развития инфраструктуры, связи и энергетики, и способов их финансирования. Модель обеспечивает оценку влияния принимаемых управленческих решений на экономику и качество жизни населения в пространственном разрезе с учетом существующих производственных мощностей, инфраструктуры и кадрового потенциала регионов.

Ключевые слова: агент-ориентированная модель, пространственное развитие, инфраструктура.

INFRASTRUCTURE PROJECT MANAGEMENT IN AGENT-BASED FORECASTING MODEL SPATIAL DEVELOPMENT OF RUSSIA

© A.L. Mashkova, E.V. Novikova, O.A. Savina 2019

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

The article presents a computer model of spatial development of Russia, designed to assess the development programs of infrastructure, communications and energy, and ways to finance them. The model provides an assessment of the impact of management decisions on the economy and the quality of life of the population in the economic context, taking into account the existing production capacity, infrastructure and personnel potential of the regions.

Key words: agent-oriented model, spatial development, infrastructure.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-03049.

В социально-экономической системе России в пространственном аспекте наблюдается яркая диспропорция: перенаселенность одних регионов обуславливает экологические, жилищные и транспортные проблемы, в то же время в других регионах наблюдается отток населения. Эти процессы связаны с концентрацией экономической активности в крупных центрах и вызываемым этим разрывом в качестве жизни населения различных регионов. Целью Стратегии пространственного развития РФ [1] является разработка и реализация путей преодоления этих проблем через сглаживание социально-экономических различий между регионами и улучшение инфраструктуры, что будет способствовать более равномерному расселению жителей. Целью создания компьютерной модели прогнозирования пространственного развития России является оценка различных вариантов реализации Стратегии. Разработка такой модели требует интеграции с одной стороны, населения субъектов РФ, а с другой – экономических структур и социальных институтов для отражения широкого круга управляющих воздействий, в том числе налоговой, кредитно-денежной и инвестиционной политики.

Разработка такой модели относится к современному направлению агент-ориентированной вычислительной экономики (agent-based computational economics – ACE) [2, 3]. Данное направление основано на принципах ограниченной рациональности, неравновесной динамики и прямого взаимодействия между экономическими агентами [4]. Основанные на этих допущениях ACE модели можно рассматривать как программные лаборатории для оценки воздействия различных управляющих мер на социально-экономическую динамику, в том числе в пространственном разрезе [5]. ACE модели применяются в различных сферах, в том числе для анализа налоговой [6, 7] и кредитно-денежной [8-12] политики, а также регулирования рынка труда [13, 14].

Актуальной задачей является использование в агент-ориентированных моделях реальных данных о населении и экономике. Эта задача в определенной степени решена в моделях отдельных регионов, таких как модель «Губернатор» Ленинградской области, разработанная в ЦЭМИ РАН [15], система для города Лидс в Великобритании [5, 16]. Однако в силу регионального масштаба этих моделей, макроэкономическая политика государства рассматривается в них как набор внешних параметров, равно как и процессы межрегиональной и международной миграции.

Разрабатываемая модель пространственного развития России имеет существенные отличия от отечественных и зарубежных разработок, так как, с одной стороны, обеспечивает возможность загрузки больших массивов данных о населении, экономике и инфраструктуре в масштабах всей страны, а с другой – позволяет проводить анализ эффективности мер социально-экономической политики, направленных на сглаживание проблем в пространственном расселении жителей и размещении производств. При-

меняемая методология моделирования пространственного развития России включает следующие этапы:

1. Интеграция данных. На данном этапе воссоздается текущая демографическая ситуация в регионах, экономические взаимосвязи, административные институты, образовательная система, инфраструктура в регионах. Для этого производится сбор больших массивов открытых данных из различных источников, их проверка на согласованность, приведение к требуемому виду для загрузки в модель; генерация исходных объектов модели и их сохранение в базе данных.

2. Динамическое моделирование без управления. На данном этапе осуществляется моделирование динамики населения как результата демографических процессов, решений и действий агентов-жителей, а также действия организаций, определяющие динамику объемов производства, занятости и инвестирования.

3. Управляемое динамическое моделирование. Целью данного этапа является проведение серии сценарных расчетов для оценки эффективности альтернативных управляющих воздействий в различных внешнеэкономических условиях. Программы управляющих воздействий включают объемы финансирования и направления государственной инвестиционной политики, ставки налогов и трансфертных платежей, региональные мероприятия по развитию кадрового потенциала.

Компьютерная модель пространственного развития России включает ряд взаимосвязанных модулей, отражающих различные стороны функционирования искусственного общества: «Демография», «Образование», «Трудоустройство», «Производство и сфера услуг», «Потребление и сбережение», «Финансовый сектор», а также модуль «Государственное управление», включающий функции федерального и регионального административного управления (рис. 1).

Для отражения пространственного аспекта расселения жителей, расположения инфраструктуры и производства, каждому региону России соответствует регион в модели, с которым связывается население, организации и органы административного управления. Таким образом, в каждом регионе создаются внутренние рынки рабочей силы (модуль «Трудоустройство»), товаров и услуг (модуль «Потребление и сбережение»). Организации из различных регионов взаимодействуют через систему межрегиональных экспортно-импортных поставок материалов и продукции; межрегиональное переселение жителей возможно через каналы внутренней миграции. Дополнительный регион «Зарубежье» агрегирует иностранные государства для корректного отражения хозяйственных взаимосвязей с другими странами (потoki импорта и экспорта) и процессов международной миграции.

Рис. 1. Модульная структура компьютерной модели пространственного развития России

Каждому модулю соответствует набор информационных объектов и событий, изменяющих их состояние. Действующими субъектами в модели, которые могут принимать решения и изменять свое поведение, являются агенты, домашние хозяйства, юридические лица и государство. Действующие субъекты могут выступать в разных ролях, участвовать в различных событиях и иметь взаимосвязи с объектами различных модулей. Агенты могут выступать в качестве рабочей силы, налогоплательщиков, потребителей, заемщиков, вкладчиков, абитуриентов, студентов, взаимодействуя, таким образом, со средой и друг с другом. Юридические лица в зависимости от типа (коммерческие, финансовые или бюджетные организации) принимают решения об изменении объемов выпуска, найме и увольнении работников, запуске инвестиционных программ и кредитовании. Государство в лице органов федерального и регионального управления определяет структуру бюджета, ставки налогов и трансфертных платежей, учетную ставку процента и другие управляющие параметры [17].

Модель пространственного развития России реализована как компьютерная программа, работа с ней идет через пользовательские интерфейсы задания исходных данных, формирования программы пространственного развития и выводы результатов. На интерфейсе задания исходных данных пользователь выбирает сформированную ранее базу данных или создает новую на основе загруженных таблиц исходных данных; устанавливает период моделирования в годах; выбирает один из заложенных сценариев динамики внешней среды и загружает программу управляющих воздействий. В сценариях задаются различные значения параметров внешней среды, которые являются неуправляемыми и заранее не предсказуемыми: объем экспорта различных отраслей, курс рубля, цены на энергоносители.

Формирование управляющих воздействий

— **ШАГ 1** Выберите регионы опережающего развития

● Краснодарский край
 ● Воронежская область
 ● Иркутская область
 ● Приморский край

Готово

— **ШАГ 2** Введите сведения о новых производствах

#	Регион	Отрасль	Выпуск	Удалить
1	Краснодарский край ▼	Сельское хозяйство ▼	<u>Объем вып...</u>	✕
2	Воронежская обл. ▼	Производство вычислительной техники ▼	<u>Объем вып...</u>	✕
3	Приморский край ▼	Производство нефтепродуктов ▼	<u>Объем вып...</u>	✕

Добавить

Сформировать Программу мероприятий

Рис. 2. Интерфейс формирования Программы пространственного развития (начало)

Программа управляющих воздействий включает ставки налогов, пособий, минимального размера оплаты труда, учетную ставку процента, выпуск облигаций федерального займа и структуру расходов бюджетов различных уровней.

После загрузки всех данных осуществляется проверка их согласованности и формируется карта Российской Федерации, отражающая ее региональную структуру. Эта карта является интерактивной и используется для формирования мероприятий Программы пространственного развития России, которая включает три основных подпрограммы: «Дороги», «Связь» и «Энергетика». Формирование программы осуществляется за 5 шагов (рис. 3 и 4):

Шаг 1. Выбор регионов опережающего развития. В выбранных регионах проверяется качество связи и транспортного сообщения.

Шаг 2. Ввод сведений о планируемых новых производствах в выбранных регионах. Данная информация необходима для расчета энергообеспеченности регионов при условии их ускоренного развития.

На основе введенных данных и заложенной в модели исходной информации формируется Программа мероприятий пространственного развития; каждая подпрограмма в ней разбивается на три очереди; оценивается стоимость и сроки реализации каждой очереди. Рассмотрим порядок формирования программы на примере алгоритма «Дороги» (рис. 3).

Рис. 3. Формирование программы «Дороги» в модели

Исходной информацией для работы алгоритма являются карта населенных пунктов и федеральных трасс, пролегающих между ними, карта качества уже построенных дорог, а также выбранный пользователем перечень регионов опережающего развития. Также к входной информации относится стоимость одного километра новой дороги и стоимость ремонта одного километра федеральной трассы.

В результате работы алгоритма формируется программа, которая состоит из трех очередей выполнения. В первую очередь попадают регионы, где необходимо построить новые участки федеральных трасс; вторая очередь – это те участки федеральных дорог, где необходимо провести ремонт; в третьей очереди выполняется сооружение новых трасс оптимальных маршрутов между выбранными регионами или происходит модернизация имеющихся дорог до уровня федеральных трасс.

Далее каждый регион проверяется на наличие в нем федеральной трассы. Если федеральная трасса отсутствует, то такой регион попадает в первую очередь программы. В случае наличия трассы проверяется ее качество; если оно высокое, то выполняется проверка следующего региона, иначе регион попадет во вторую очередь программы. Когда все регионы проверены, определяется наличие федеральных трасс между регионами опережающего развития. При их отсутствии на карте формируются недостающие дороги, которые попадают в третью очередь программы.

После заполнения всех очередей программы «Дороги» рассчитывается объем требуемого финансирования по всем регионам опережающего развития, исходя из средней стоимости строительства или ремонта одного километра дорог и их длины. Средний срок реализации одной очереди строительства составляет два-три года.

Исходной информацией для формирования программы «Связь» является карта зон покрытия связи и карта качества связи (от уровня 2G до уровня 4G) в регионах, карта центров опережающего развития и стоимость строительства одной вышки связи и зона ее покрытия. Аналогично алгоритму формирования программы «Дороги» формируется три очереди. В первую очередь попадают регионы, не имеющие интернета. Вторую очередь заполняют регионы, где необходимо улучшить связь до уровня 3G. Третья очередь для регионов, в которых необходимо перейти с уровня 3G на уровень 4G интернета. Далее выполняется расчет стоимости реализации программы «Связь». Средний срок реализации одной очереди составляет два года.

При формировании программы «Энергетика» на вход подается информация об энергопотреблении по регионам, карта энергодефицитных регионов, потенциальная мощность одной электростанции. Алгоритм формирования программы «Энергетика» формирует две очереди: в первую попадают регионы, которые нуждаются в электроэнергии и являются при этом энергодефицитными регионами; энергоизбыточные на момент начала

Программы регионы записываются во вторую очередь для строительства новых электростанций. Потребность в дополнительной энергии рассчитывается с учетом объемов новых производств и их энергоемкости. Количество необходимых электростанций рассчитывается исходя из количества необходимой электроэнергии и потенциальной мощности одной электростанции. Затем определяется объем финансирования, необходимого для реализации программы. Средний срок реализации одной очереди программы «Энергетика» составляет три года.

По окончании работы алгоритмов формируется план Программы пространственного развития России, разбитый на очереди, смета и сроки реализации (рис. 4). Далее формирование Программы продолжается с учетом решений пользователя.

— **ШАГ 3** Выберите элементы Программы для реализации

Выбор	Наименование	Стоимость	Срок реализации
☒	Инфраструктура I очередь	15,4 млрд. руб.	2021-2022
☒	Инфраструктура II очередь	12,8 млрд. руб.	2023-2025
☐	Инфраструктура III очередь	28,1 млрд. руб.	2026-2028

Готово

— **ШАГ 4** Выберите источники финансирования программы

Источник	Процент финансирования
Федеральный бюджет	<u>20</u>
Резервные фонды	<u>20</u>
Выпуск ОФЗ	<u>20</u>
Коммерческие организации	<u>20</u>
Иностранные источники	<u>20</u>

Готово

— **ШАГ 5** Определите структуру финансирования реализации бизнес-проектов

Регион	Отрасль	Структура финансирования
Краснодарский край	Сельское хозяйство	Коммер. организации <u>20</u>
		Федер. бюджет <u>20</u>
		Регионал. бюджет <u>20</u>
		Иностран. инвестиции <u>20</u>

Выбрать следующий бизнес-проект

Моделирование реализации программы

Рис. 4. Интерфейс формирования Программы пространственного развития (продолжение)

Шаг 3. Выбор элементов Программы пространственного развития для реализации в модели. На данном шаге решается, какие очереди программ «Дороги», «Связь» и «Энергетика» войдут в итоговую Программу развития.

Шаг 4. Выбор источников финансирования выделенных элементов Программы. Решения на данном шаге определяют участие отечественных и зарубежных организаций в реализации инфраструктурных проектов, обращение к средствам государственных резервных фондов и/или объем выпуска облигаций федерального займа.

Шаг 5. Определение структуры софинансирования проектов по созданию новых производств в регионах опережающего развития. На данном шаге определяется участие иностранных инвесторов, федерального и регионального бюджета в создании новых производств, в том числе приобретении оборудования, постройке зданий и сооружений. Перечень перспективных отраслей для каждого региона приведен в Стратегии пространственного развития России [1].

Сформированные программы «Дороги», «Связь» и «Энергетика», а также бизнес-проекты по созданию новых производств загружаются в компьютерную модель пространственного развития, наряду с выбранным сценарием и набором управляющих воздействий. Далее осуществляется моделирование выбранного пользователем периода; результаты сохраняются в базе данных модели.

После завершения расчетов пользователь может выбрать регион на интерактивной карте и оценить динамику различных показателей (валового регионального продукта, занятости, средней заработной платы) на протяжении периода моделирования, сравнить ее со значениями базового года, а также с расчетными значениями при отсутствии мероприятий Программы пространственного развития в данном регионе.

Представленный в данной статье подход обеспечивает возможность оценки влияния мероприятий государственной инвестиционной политики на социально-экономическое развитие регионов России. Использование в качестве инструмента прогнозирования компьютерной модели позволяет задать возможные мероприятия программ пространственного развития и способы их финансирования с большой степенью детализации. Модель обеспечивает оценку влияния принимаемых управленческих решений на экономическую систему в пространственном разрезе с учетом существующих производственных мощностей, инфраструктуры и кадрового потенциала регионов.

Литература

1. Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/les/UVAIqUtT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf>, дата обращения 2019/06/27.

2. Lebaron B., Tesfatsion L. Modeling Macroeconomies as Open-Ended Dynamic Systems of Interacting Agents. *American Economic Review*. 2008. No 4. Pp. 246-250.
3. Tesfatsion L. Agent-Based Computational Economics: A Constructive Approach to Economic Theory. *Handbook of Computational Economics*. Elsevier, 2006. Vol. 2, Chap. 16. Pp. 83-880.
4. Fagiolo G., Roventini A. Macroeconomic Policy in DSGE and Agent-Based Models Redux: New Developments and Challenges Ahead. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*. 2017. Vol. 20 (1). P. 1.
5. Ballas D., Kingston R., Stillwell J., Jin J. Building a Spatial Microsimulation based Planning Support System for Local Policy Making. *Environment and Planning A*. 2007. Vol. 39. Pp. 2482-2499.
6. Dosi G., Napoletano M., Roventini A., Treibich T. Micro and Macro Policies in the Keynes+Schumpeter Evolutionary Models. *Journal of Evolutionary Economics*. 2017. Vol. 27 (1). Pp. 63-90.
7. Napoletano M., Roventini A., Galard J. Time-Varying Fiscal Multipliers in an Agent-Based Model with Credit Rationing. *Economics Discussion Papers* 112. Kiel, 2017. Available at: <http://hdl.handle.net/10419/172323>.
8. Arifovic J., Maschek M.K. Currency Crisis: Evolution of Beliefs and Policy Experiments. *Journal of Economic Behavior & Organization*. 2012. Vol. 82 (1). Pp. 131-150.
9. Gatti D., Desiderio S.J. Monetary Policy Experiments in an Agent-Based Model with Financial Frictions. *Journal of Economic Interaction and Coordination*. 2015. Vol. 10 (2). Pp. 265-286.
10. Cincotti S., Raberto M., Teglio A. Credit Money and Macroeconomic Instability in the Agent-Based Model and Simulator EURACE. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*. 2010. Vol. 4 (26). Pp. 1-32.
11. Dawid H., Neugart M. Agent-based models for economic policy design. *Eastern Economic Journal* 37, 44–50 (12 2011).
12. Holcombe M., Coakley S., Kiran M., Chin S., Greenough C., Worth D., Cincotti S., Raberto M., Teglio A., Deissenberg C., van der Hoog S., Dawid H., Gemkow S., Harting P., Neugart M. Large-Scale Modeling of Economic Systems. *Complex Systems*. June, 2013. Vol. 22. Pp. 175-191.
13. Napoletano M., Dosi G., Fagiolo G., Roventini A. Wage Formation, Investment Behavior and Growth Regimes: An Agent-Based Analysis. *Revue de l'OFCE* 2012. Vol. 124 (5). Pp. 235-261.
14. Seppacher P. Flexibility of Wages and Macroeconomic Instability in an Agent-Based Computational Model with Endogenous Money. *Macroeconomic Dynamics*. 2012. Vol. 16 (S2). Pp. 284-297.
15. Сушко Е.Д. Мультиагентная модель региона: концепция, конструкция и реализация / Препринт # WP/2012/292. – М.: ЦЭМИ РАН, 2012. – 54 с.
16. Ballas D., Kingston R., Stillwell J. Using a Spatial Microsimulation Decision Support System for Policy Scenario Analysis. In: *Recent Advances in Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning*. Springer, Dordrecht, 2004. Pp. 177-191.
17. Машкова А.Л. Прогнозирование долгосрочного развития макроэкономических систем на базе агент-ориентированных моделей // Государственное управление. Электронный вестник. – 2016. – № 57. – С. 49-68.

*Поступила в редакцию**18.08.2019*

Машкова Александра Леонидовна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел, Россия.

Mashkova Aleksandra L. – PhD (Tech), Associate Professor of the Department of information systems, Federal state budgetary educational institution of higher education «Orel state University named after I.S. Turgenev», Orel, Russia.

Новикова Екатерина Вячеславовна – стажер-исследователь лаборатории пространственного развития территорий, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел, Россия.

Novikova Ekaterina V. – Intern-researcher of the laboratory of spatial development of territories, Federal state budgetary educational institution of higher education «Orel state University named after I.S. Turgenev», Orel, Russia.

Савина Ольга Александровна – доктор экономических наук, профессор кафедры информационных систем, Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел, Россия.

Savina Olga Al. – doctor of Economics, Professor of the Department of information systems, Federal state budgetary educational institution of higher education «Orel state University named after I.S. Turgenev», Orel, Russia.

Россия, 302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95
95, st. Komsomolskaya, Orel, 302026, Russia
e-mail: aleks.savina@gmail.com
e-mail: esty92@yandex.ru
e-mail: o.a.savina@gmail.com