

Теоретические и методологические проблемы

Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Epstein J.M. **Agent-based modeling for a complex world. Part 1** *Economics and Mathematical Methods* (В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Дж.М. Эпштейн **Агент-ориентированное моделирование для сложного мира. Часть 1**), 2022, 58(1), 5-26.

V.L. Makarov,

Academician of the Russian Academy of Sciences, Russia's largest (prominent) specialist in the field of computer modeling of socio-economic processes; Scientific Director of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences; President of the Russian School of Economics (New Economic School); Director of the Higher School of Public Administration of the Moscow State University, Moscow, Russia; e-mail: makarov@cemi.rssi.ru

A.R. Bakhtizin,

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences; Director of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences; Professor at the Moscow State University; Certified CGE Modeler (World Bank Institute Certified); Holder of professional certificates from Microsoft Company (Microsoft Certified Professional, Microsoft Certified Application Developer, Microsoft Certified Solution Developer), Moscow, Russia; e-mail: albert.bakhtizin@gmail.com

J.M. Epstein

Professor of Epidemiology at the NYU School of Global Public Health, and founding Director of the NYU Agent-Based Modeling Laboratory, with affiliated faculty appointments to the Courant Institute of Mathematical Sciences, and the Department of Politics

The authors thank Elena Boinovich and Milana Sidorenko for their assistance in the technical edition.

The reported study was funded by Russian Science Foundation according to the research project no. 21-18-00136 "Development of a software and analytical complex for assessing the consequences of intercountry trade wars with an application for functioning in the system of distributed situational centres in Russia."

Abstract. The main goal of this paper is to summarize selected developments in the field of artificial societies and agent-based modeling and to suggest, how this fundamentally new toolkit can contribute to solving some of the most complex scientific and practical problems of our time. The entire field of agent-based modeling has expanded dramatically over the last quarter century, with applications across a remarkable array of fields, at scales ranging from molecular to global. The models described in this paper are a small part of worldwide scientific and practical developments in the field of agent-based modeling and related areas. We have attempted to give an impression of the vast range of application areas (epidemiology, economics, demography, environment, urban dynamics, history, conflict, disaster preparedness), scales (from cellular to local to urban to planetary), and goals (simple exploratory models, optimization, generative explanation, forecasting, policy) of agent-based modeling. Agent-based models offer a new and powerful alternative, or complement, to traditional mathematical methods for addressing complex challenges.

Keywords: agent-based models, epidemiology, pedestrian traffic, demographic processes, transport systems, ecological forecasting, land use, urban dynamics, historical episodes, conflict simulation, social networks, economic systems.

JEL Classification: C63, D91.

Quoting: **Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Epstein J.M.** (2022). Agent-based modeling for a complex world. Part 1. *Economics and Mathematical Methods*, 58, 1, 5-26. DOI:10.31857/S042473880018970-6

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бахтизин А.Р. (2008). Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика.

- Бахтизин А.Р., Ильин Н.И., Хабриев Б.Р., Макаров В.Л., Сушко Е.Д.** (2020). Программно-аналитический комплекс «МЁБИУС» – инструмент планирования, мониторинга и прогнозирования социально-экономической системы России // *Искусственные общества*. Т. 15. № 4.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р.** (2013). Социальное моделирование — новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). М.: Экономика.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бекларян Г.Л., Акопов А.С.** (2019). Разработка программной платформы для крупномасштабного агент-ориентированного моделирования сложных социальных систем // *Программная инженерия*. Т. 10. № 4. С. 167–177. DOI: 10.17587/prin.10.167-177.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д.** (2020). Агент-ориентированная модель как инструмент регулирования экономики // *Журнал Новой экономической ассоциации*. № 45. С. 151–1712.
- Макаров В.Л., Ву Ц., Ву З.** и др. (2019). Современные инструменты оценки последствий мировых торговых войн // *Вестник Российской академии наук*. Т. 89. № 7. С. 745–754. DOI: 10.31857/S0869-5873897745-754
- Макаров В.Л., Ву Ц., Ву З., Хабриев Б.Р., Бахтизин А.Р.** (2020). Мировые торговые войны: сценарные расчеты последствий // *Вестник Российской академии наук*. Т. 90. № 2. С. 169–179.
- Auld J., Hope M., Ley H., Sokolov V., Xua B., Zhang K.** (2016). POLARIS: Agent-based modeling framework development and implementation for integrated travel demand and network and operations simulations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 64, March, 101–116.
- Benenson I., Orner I., Hatna E.** (2003). Agent-based modeling of householders' migration behavior and its consequences. 97–115. DOI: 10.1007/978-3-7908-2715-6_6
- Billari F.C., Prskawetz A.** (Eds.) (2003). *Agent-based computational demography: Using simulation to improve our understanding of demographic behaviour*. Heidelberg: Physica-Verlag. 210 p.
- Billari F.C., Prskawetz A., Diaz B.A., Fent T.** (2007). The “Wedding-Ring”: An agent-based marriage model based on social interaction. *Demographic Research*, 17, 3, 59–82.
- Boulmakoul A., Karim L., Lbath A.** (2021). Vehicle-pedestrian interaction: Distributed intelligence framework. *Procedia Computer Science*, 184, 68–75. DOI: 10.1016/j.procs.2021.03.019
- Brauer F.** (2005). The Kermack-McKendrick epidemic model revisited. *Mathematical Biosciences*, 198, 2, 119–131. DOI: 10.1016/j.mbs.2005.07.006
- Cockrell R.C., Christley S., Chang E., An G.** (2015). Towards anatomic scale agent-based modeling with a massively parallel spatially explicit general-purpose model of enteric tissue (SEGMEnt_HPC). *PLOS ONE*, 10(3): e0122192. DOI: 10.1371/journal.pone.0122192
- Cook M.** (2004). Universality in Elementary Cellular Automata. *Complex Systems*, 15.
- Diaz B.A.** (2010). *Agent-based models on social interaction and demographic behaviour* (Ph.D. Thesis). Wien: Technische Universität. 93 p.
- Ehikioya S., Zhang C.** (2018). Real-time multi-agents architecture for e-commerce servers. *International Journal of Networked and Distributed Computing*, 6_10.2991/ijndc.2018.6.2.4
- Epstein J.M., Axtell R.** (1996). *Growing artificial societies: Social science from the bottom up*. Washington: Brookings Institution Press, The MIT Press.
- Epstein J.M.** (1999). Agent-based computational models and generative social science. *Complexity*, 4, 5, 41–60. DOI: 10.1002/(SICI)1099-0526(199905/06)4:5<41::AID-CPLX9>3.0.CO;2-F
- Epstein J.M.** (2006). *Generative social science: Studies in agent-based computational modeling*. Princeton: Princeton University Press. 352 p.
- Epstein J.M.** (2009). Modeling to contain pandemics. *Nature*, 460, 687 (2009). DOI: org/10.1038/460687a
- Epstein J.M.** (2013). *Agent_Zero: Toward neurocognitive foundations for generative social science*. Princeton: Princeton University Press. 249 p.
- Epstein J.M., Hatna E., Crodelle J.** (2021). Triple contagion: A two-fears epidemic model. *Journal of the Royal Society Interface*, 18, 81. DOI: 10.1098/rsif.2021.0186
- Epstein J.M., Pankajakshan R., Hammond R.A.** (2011). Combining computational fluid dynamics and agent-based modeling: A new approach to evacuation planning. *PLOS ONE*, 6, 5. e20139. DOI: 10.1371/journal.pone.0020139

- Epstein J.M., Parker J., Cummings D., Hammond R.A.** (2008). Coupled contagion dynamics of fear and disease: Mathematical and computational explorations. *PLOS ONE*, 3, 12. e3955. DOI: 10.1371/journal.pone.0003955
- Gardner M.** (1970). The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life". *Scientific American*, 4, October.
- Guerrero O.A., Axtell R.L.** (2011). Using agentization for exploring firm and labor dynamics. In: S. Osinga, G. Hofstede, T. Verwaart (Eds.) *Emergent results of artificial economics*. Lecture notes in economics and mathematical systems, vol. 652. Berlin, Heidelberg: Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-21108-9_12
- Hatna E., Benenson I.** (2015). Combining segregation and integration: Schelling model dynamics for heterogeneous population. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 18 (4), 15. Available at DOI: 10.18564/jasss.2824
- Ilie S., Bădică C.** (2010). Distributed multi-agent system for solving traveling salesman problem using ant colony optimization. In: M. Essaïdi, M. Malgeri, C. Badica (Eds.). *Intelligent distributed computing IV. Studies in computational intelligence*, vol. 315. Berlin, Heidelberg: Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-15211-5_13
- Ilie S, Bădică C.** (2013). Multi-agent distributed framework for swarm intelligence. *Procedia Computer Science*, 18, 611–620. DOI: 10.1016/j.procs.2013.05.225
- Janbi N., Katib I., Albeshri A., Mehmood R.** (2020). Distributed artificial intelligence-as-a-service (DAIaaS) for smarter IoE and 6G Environments. *Sensors*, 20 (20), 5796. DOI: 10.3390/s20205796
- Kermack W.O., McKendrick A.G.** (1927). A contribution to the mathematical theory of epidemics. Proceedings of the Royal Society of London. *Series A. Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, 115, 772, 700–721, 1927. DOI: 10.1098/rspa.1927.0118
- Langton C.G.** (1989). Artificial life. In: C.G. Langton (Ed.). *Artificial Life. SFI Studies in the Sciences of Complexity*. Vol. VI. Cambridge, London: Addison-Wesley.
- Lewis B., Swarup S., Bisset K., Eubank S., Marathe M., Barrett C.** (2013). A simulation environment for the dynamic evaluation of disaster preparedness policies and interventions. *Journal of Public Health Management and Practice (JPHMP)*, 19, Suppl. 2 (02), S42–S48. DOI: 10.1097/PHH.0b013e31829398eb
- Longini I.M., Halloran M.E., Nizam A., Yang Y., Xu S., Burke D.S., Cummings D.A., Epstein J.M.** (2007). Containing a large bioterrorist smallpox attack: A computer simulation approach. *International Journal of Infectious Diseases*, 11, 2, 98–108. DOI: 10.1016/j.ijid.2006.03.002
- Lubaś R., Waś J., Porzycki J.** (2016). Cellular automata as the basis of effective and realistic agent-based models of crowd behavior. *The Journal of Supercomputing*, 72, 6, 2170–2196. DOI: 10.1007/s11227-016-1718-7
- Makinoshima F., Imamura F., Abe Y.** (2018). Enhancing a tsunami evacuation simulation for a multi-scenario analysis using parallel computing. *Simulation Modeling Practice and Theory*, 83, 36–50. DOI: 10.1016/j.simpat.2017.12.016.
- Monticino M.G., Brooks E., Cogdill T., Acevedo M., Callicott B.** (2006). Applying a multi-agent model to evaluate effects of development proposals and growth management policies on suburban sprawl. *Proc. of the international environmental modelling and software society. Summit on Environmental modelling and software*. Burlington (USA).
- Owaidah A., Oлару D., Bennamoun M., Sohel F., Khan N.** (2019). Review of modelling and simulating crowds at mass gathering events: Hajj as a case study. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 22 (2), 9. Available at: DOI: 10.18564/jasss.3997.
- Parker J., Epstein J.M.** (2011). A distributed platform for global-scale agent-based models of disease transmission. *ACM transactions on modeling and computer simulation: A publication of the Association for computing machinery*, 22 (1), 2. DOI: 10.1145/2043635.2043637
- Pérez-Rodríguez G., Pérez-Pérez M., Fdez-Riverola F., Lourenço A.** (2016). High performance computing for three-dimensional agent-based molecular models. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 68, 68–77.
- Piontti A.P., Perra N., Rossi L., Samay N., Vespignani A.** (2018). *Charting the next pandemic: Modeling infectious disease spreading in the data science age*. Social Sciences. Springer Internat. Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-93290-3
- Pourhasanzade F., Sabzpoushan S., Alizadeh A.M., Esmati E.** (2017). An agent-based model of avascular tumor growth: Immune response tendency to prevent cancer development. *Simulation*, 93 (8), 641–657. DOI: 10.1177/0037549717699072

- Reynolds C.W.** (1987). Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model. *Proceedings of the 14th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH'87)*. *ACM*, 21 (4), 25–34. DOI: 10.1145/37401.37406
- Rui Y., Ban Y.** (2010). Multi-agent simulation for modeling urban sprawl in the greater Toronto area. *Proc. of the 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science*. Guimarães (Portugal).
- Sabzpoushan S.H., Pourhasanzade F.** (2018). A new method for shrinking tumor based on microenvironmental factors: Introducing a stochastic agent-based model of avascular tumor growth. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 508, 771–787. DOI: 10.1016/j.physa.2018.05.131
- Semboloni F., Assfalg J., Armeni S., Gianassi R., Marsoni F.** (2004). CityDev, an interactive multi-agents urban model on the web. *Computers, Environment and Urban Systems*, 28, 1, 45–64.
- Schelling T.C.** (1971). Dynamic models of segregation. *Journal of Mathematical Sociology*, 1 (2), 143–186.
- Silverman E., Bijak J., Hilton J., Cao V.D., Noble J.** (2013). When demography met social simulation: A tale of two modelling approaches. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS)*, 16 (4), 9. Available at: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/>
- Silverman E., Bijak J., Noble J., Cao V., Hilton J.** (2014). Semi-artificial models of populations: Connecting demography with agent-based modelling. In: S.-H. Chen et al. (Eds.). *Advances in computational social science: The Fourth world congress*. Agent-Based Social Systems 11, Springer Japan, 177–189. DOI: 10.1007/978-4-431-54847-8_12
- Sugumaran V.** (2009). Distributed artificial intelligence, agent technology, and collaborative applications. IGI Global. DOI: 10.4018/978-1-60566-144-5
- Suzumura T., Kato S., Imamichi T., Takeuchi M., Kanezashi H., Ide T., Onodera T.** (2012). X10-based massive parallel large-scale traffic flow simulation. In: *Proceedings of the 2012 ACM SIGPLAN X10 Workshop (X10 '12)*. Association for Computing Machinery. New York, USA. Article 3, 1–4. DOI: 10.1145/2246056.2246059
- Waldrop M.M.** (2018). *What if a nuke goes off in Washington, D.C.? Simulations of artificial societies help planners cope with the unthinkable*. Science AAAS by M. Mitchell Waldrop. Apr. 12. DOI:10.1126/science.aat8553
- Wolfram S.** (2002). *A new kind of science*. Wolfram Media. ISBN: 1-57955-008-8. Available at: www.wolframscience.com
- Yadav S.P., Mahato D.P., Linh N.T.D.** (Eds.) (2020). *Distributed artificial intelligence: A modern approach*. 1st ed. CRC Press. DOI: 10.1201/9781003038467

Е.В. Устюжанина **Сетевая экономика как социально-экономическая модель**
Экономика и математические методы, 2022, 58 (1), с. 27-37

Е.В. Устюжанина,

ЦЭМИ РАН, Москва; e-mail: dba-guu@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу фундаментальных изменений, которые происходят в экономике под воздействием цифровых технологий и глобализации хозяйственных связей. Научной гипотезой работы является предположение о кардинальном характере трансформационных процессов, сопоставимых по значимости с промышленной революцией. Методология исследования — исторический, институциональный и системный анализы. Автор предпринял попытку абстрактно-научного разделения технологического, собственно экономического и институционального ракурсов хозяйственного развития. Соответственно выделены понятия: «тип экономики» (технологический аспект), «социально-экономическая модель» (экономическая система) и «способ производства» (институциональный аспект). Показано, что индустриальному типу экономики соответствует рыночная экономическая система, которая может развиваться при различных способах производства — капитализме и этатизме. Аналогично цифровому типу экономики можно поставить в соответствие сетевую экономическую систему, базовыми характеристиками которой

являются развитая система разделения труда, прямые долгосрочные кооперационные и информационные связи между экономическими агентами, отношения доверия и взаимозависимость. Отдельное внимание уделено трансформации базовых институтов рыночной экономики в процессе перехода к сетевой экономике. Показано, что перестают действовать имманентные рыночной экономике законы ценообразования, распределения экономического излишка и контроля над хозяйственной деятельностью.

Ключевые слова: сетевая экономика, цифровая экономика, цифровая революция, тип экономики, экономическая система, способ производства, институт стоимости, институт власти.

Классификация JEL: A10, B41, D02.

Цитирование: **Устюжанина Е.В.** (2022). Сетевая экономика как социально-экономическая модель // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 27-37. DOI: 10.31857/S042473880018967-2

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белл Д. (2004). Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. Москва: Академия. 788 с.
- Л.С. (2011). Эволюция общества. Типы общества и их трансформация. Москва: КДУ, 206 с.
- Веблен Т. (1984). Теория праздного класса. Пер. с англ. Москва: Прогресс. 367 с.
- Веблен Т. (2007). Теория делового предприятия. Москва: Дело. 288 с.
- Веблен Т. (2016). Теория праздного класса. Экономическая мысль Запада. Для науч. б-к. М.: Либроком, 366 с.
- Дементьев В.В. (2012). Институты, поведение, власть. Донецк: Донецкий национальный технический университет. 310 с.
- Дементьев В.Е., Евсюков С.Г., Устюжанина Е.В. (2017). Гибридные формы организации бизнеса: к вопросу об анализе межфирменных взаимодействий // *Российский журнал менеджмента*. Т. 15. № 1. С. 89–122.
- Дементьев В.Е., Евсюков С.Г., Устюжанина Е.В. (2018). Модель ценообразования на рынке сетевых благ в условиях дуополистической конкуренции // *Экономика и математические методы*. Т. 54. № 1. С. 26–42.
- Дементьев В.Е., Устюжанина Е.В. (2016). Проблема власти с точки зрения институционального подхода // *Журнал институциональных исследований*. Т. 8. № 3. С. 91–101.
- Деменьев В.Е. (1998). Интеграция предприятий и экономическое развитие. Препринт # WP/98/038. М.: ЦЭМИ РАН. 114 с.
- Кастельс М. (2016). Информационная эпоха: экономика, общество и культура. Пер. с англ. под науч. ред. О.И. Шкаратана. М.: НИУ ВШЭ. 606 с. М.: ГУ ВШЭ. 608 с.
- Катькало В.С. (1990). Межфирменные сети: проблематика исследований новой организационной стратегии в 1980–90-е годы // *Вестник Санкт-Петербургского университета*. Сер. 5. Вып. 2. № 12. Режим доступа
- Козырев А.Н. (2018). Цифровая трансформация рыночных институтов // *Цифровая экономика*. № 4. С. 5–23. [Kozyrev A.N. (2018). Digital transformation of market institutions. *Digital Economy*, 4, 5–23 (in Russian).]
- Латов Ю.В. (2007). «Восточный деспотизм» К.А. Виттфогеля (к 50-летию «странной» книги) // *Историко-экономические исследования*. Т. 8. № 2. С. 8–37.
- Макаров В.Л. (2013). Экономика знаний: уроки для России // *Вестник Российской академии наук*. Т. 73. № 5. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomika-znaniy-uroki-dlya-rossii-rossii/viewer>
- Макаров В.Л., Попов Е.В. (2019). Сетевые экономические взаимодействия. М.: Юрайт. 167 с.
- Маркс К. (2020). Капитал. Т. 1. Пер. С. Алексеева. М.: Азбука. 512 с
- Паринов С.И. (2002). К теории сетевой экономики. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН. 168 с.
- Перес К. (2011). Технологические революции и финансовый капитал: Динамика пузырей и периодов процветания. М.: Дело. 232 с.
- Поланьи К. (2002). Экономика как институционально оформленный процесс // *Экономическая социология*. Т. 3. № 2. С. 62–73.
- Полтерович В.М. (2018). Интернет, гражданская культура и эволюция механизмов координации // *Вестник ЦЭМИ*. № 1. Режим доступа:

- Портер М.** (2016). *Международная конкуренция. Конкурентные преимущества стран.* М.: Альпина Паблишер. 947 с.
- Радаев В.В.** (2008). Рынок как переплетение социальных сетей // *Российский журнал менеджмента.* Т. 6. № 2. С. 47–54.
- Роджерс Д.Л.** (2018). *Цифровая трансформация.* М.: Издательская группа «Точка». 344 с.
- Семенов Ю.И.** (2008). Политарный («азиатский») способ производства: сущность и место в истории человечества и России. М.: Волшебный ключ. 401 с.
- Тоффлер Э.** (2020). *Третья волна.* М.: Smart Reading. 800 с.
- Уильямсон О.И.** (1996). *Экономические институты капитализма. Фирмы, рынки, «отношенческая» контракция.* СПб.: Лениздат. 703 с.
- Устюжанина Е.В.** (2006). Проблемы развития отношений собственности в современной российской экономике. М.: ГУУ. 287 с.
- Устюжанина Е.В., Дементьев В.Е., Евсюков С.Г.** (2021). Транзакционные цифровые платформы: задача обеспечения эффективности // *Экономика и математические методы.* Т. 57. № 1. С. 5–18.
- Устюжанина Е.В., Евсюков С.Г., Комарова И.П.** (2019). Сети создания стоимости: проблемы формирования и управления // с.132–150.
- Устюжанина Е.В., Сигарев А.В., Шейн Р.А.** (2017). Цифровая экономика как новая парадигма экономического развития // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность.* Т. 13. № 10. С. 1788–1804.
- Шваб К.** (2016). *Четвертая промышленная революция.* М.: Эксмо. 208 с.
- Шерешева М.Ю.** (2010). *Формы сетевого взаимодействия компаний: курс лекций – Москва: НИУ «Высшая школа экономики».* 339 с.
- Вуера Ф.Д., Кабоски Дж.Р.** (2009). The rise of the service. *NBER Working Paper No. w14822.* Available at:
- Gereffi G., Humphrey J., Sturgeon T.** (2005). The governance of global value chains. *Review of International Political Economy,* 12 (1), 78–104.
- Goolsbee A., Klenow P.J.** (2000). Evidence on learning and network externalities in the diffusion of home computers. *NBER Working Paper.* No. W7329.
- Machlup F.** (1962). *The production and distribution of knowledge in the United States.* Princeton: Princeton University Press. 483 p.
- Negroponte N.** (1995). *Being digital.* Knopf. Paperback edition. Vintage Books. New York: Knopf. 252 p.
- Russell B.** (2000). *Power.* London, New York: Routledge. 207 p.
- Shapiro C., Varian H.** (1999). *Information rules: A strategic guide to the network economy.* Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press. 352 p.
- Tapscott D.** (1995). *The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence.* New York: McGraw-Hill. 342 p.

Е.Л. Торопцев, А.С. Мараховский **Структурные инерционности экономических систем**
Экономика и математические методы 2022,58 (1), с. 38-47

Е.Л. Торопцев,

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь; e-mail: eltoroptsev@yandex.ru

А.С. Мараховский,

Филиал Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, Пятигорск; e-mail: marahov@yandex.ru

Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 20-010-00084А «Математическое моделирование структурной устойчивости и макроэкономической динамики»).

Аннотация. Системные инерционности образуют мультидисциплинарную область исследований, в которой пересекаются интересы естественнонаучных, технических, гуманитарных, социально-экономических и иных дисциплин. При анализе данного

явления экономической наука опиралась в основном на методы и положения экономической теории и философии. Глобальные свойства предмета затрудняли формализацию исследований, числовые оценки инерционностей ограничивались введением того или иного коэффициента в экономико-математическую модель. Вместе с тем, задел для получения числовых значений структурных инерционностей в координатах отраслей (видов экономической деятельности) естественным образом создает базовая динамическая модель межотраслевого баланса, записанная в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Входящая в нее матрица коэффициентов капиталоемкости невырождена и вполне может называться матрицей межотраслевых инерционностей, элементы которой имеют размерность времени. В работе описана методика исчисления указанной матрицы. Ее размерность равна размерности матрицы формирования выпуска товаров и услуг, публикуемой Росстатом. Заявленная методика представляет собой верифицируемую последовательность алгебраических преобразований в рамках методологии «затраты–выпуск». В работе приведены инерционности, связанные с процессами формирования основного капитала, а также инерционности создания валовой добавленной стоимости экономики России. Большое прикладное значение полученных результатов состоит в разработке и демонстрации экономико-математического аппарата для сопоставительного анализа структурных динамических свойств разных экономик при их моделировании в координатах одних и тех же отраслей.

Ключевые слова: инерционности экономических систем, динамический межотраслевой баланс, экономическая динамика, базовая матрица, матрицы промежуточного потребления и добавленных стоимостей, оцифровка модели.

Классификация JEL: B41, C02, C61, C68.

Цитирование: **Торопцев Е.Л., Мараховский А.С.** (2022). Структурные инерционности экономических систем // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 38–47.

DOI: 10.31857/S042473880016564-9

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агеева О.Ю., Спахов С.В., Юшкова В.Э.** (2018). Инерционность экономических систем как фактор цикличности экономики // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. № 3 (58). С. 231–237. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.3.231
- Аглицкий И.С., Клейнер Г.Б., Сирота Е.Н.** (2018). Системный анализ инвестиционной деятельности. М.: Прометей.
- Афонасова М.А.** (2016). К вопросу о механизмах преодоления инерции экономического спада // *Фундаментальные исследования*. № 9–2. С. 316–320.
- Баранова Н.М., Сорокин Л.В.** (2017). Влияние человеческого капитала на устойчивое развитие экономики // *Экономический анализ: теория и практика*. Т. 16. Вып. 12. С. 2224–2237
- Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.** (2015). Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. М.: ПолиПринт Сервис.
- Воеводина Н.В.** (2001). Инерционность национальной экономики: фундаментальная база исследования. Уссурийск: ДВГУ.
- Глазьев С.Ю.** (2016). Прикладные результаты теории мирохозяйственных укладов // *Экономика и математические методы*. Т. 52. № 3. С. 3–21.
- Журавский М.Ю.** (2005). К вопросу о методологии исследования инвестиционной инерции // *Вестник ТГПУ*. Вып. 5 (49). С. 20–22.
- Журавский Ю.А.** (2019). Экономическая инерция и ускорение в методологии экономической динамики // *Экономика и управление инновациями*. № 4 (11). С. 20–34.
- Козырь Н.С., Коваленко В.С.** (2017). Метрика отраслевой классификации в Российской Федерации и за рубежом // *Экономический анализ: теория и практика*. Т. 16. № 10 (469). С. 1914–1927
- Леонтьев В.В.** (1990). Экономические эссе. Теории, исследования, факты и политика. М.: Политическая литература.
- Любушин Н.П., Бабичева Н.Э., Коньшков А.С.** (2017). Устойчивое развитие: оценка, анализ, прогнозирование // *Экономический анализ: теория и практика*. Т. 16. Вып. 12. С. 2392–2406

- Любушин Н.П., Бабичева Н.Э., Усачев Д.Г., Шустова М.Н. (2015). Генезис понятия «устойчивое развитие экономических систем различных иерархических уровней» // *Региональная экономика: теория и практика*. № 48. С. 2–14.
- Нельсон Р.Р., Уинтер С.Дж. (2002). Эволюционная теория экономических изменений. М.: Дело.
- Павлов К.В., Самохин А.С. (2007). Инерционность социально-экономических и экологических систем // *Вестник Челябинского государственного университета*. № 19. С. 45–53.
- Полтерович В.М. (2007). Элементы теории реформ. М.: Экономика.
- Рудакова И.Е. (2001). О применимости языка экономической теории и базовых экономических моделей для анализа российской экономики // *Вопросы экономики*. № 12. С. 32–45.
- Сиднина В.Л. (2002). Формы проявления инерционностей в социально-экономической системе // *Вестник Оренбургского государственного университета*. № 2. С. 150–154.
- Сиднина В.Л. (2009). Проявление инерционности в существовании российской экономической элиты // *Известия Саратовского университета. Сер. Экономика. Управление. Право*. Т. 9. Вып. 1. С. 11–15.
- Суворов Н.В., Трещина С.В., Белецкий Ю.В. (2017). Балансовые и факторные модели как инструмент анализа и прогнозирования структуры экономики. В сб.: *Научные труды // Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*. М.: Макс-Пресс. Т. 15. С. 50–75.
- Торопцев Е.Л., Мараховский А.С., Дужински Р.Р. (2020). Проблема оцифровки динамической модели межотраслевого баланса // *Экономический анализ: теория и практика*. Т. 19. № 5. С. 946–972. DOI: 10.24891/ea.19.5.946
- Широв А.А. (2018). Трансформация структуры экономики: механизмы и управление. М.: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, Макс-Пресс.
- Широв А.А., Янговский А.А. (2017). Межотраслевая макроэкономическая модель RIM – развитие инструментария в современных российских условиях // *Проблемы прогнозирования*. Т. 162. № 3. С. 3–19.
- Шишкин В.В., Капустина И.В., Кудрявцева Г.В., Шишкин В.И. (2012). Инерционность торговых предприятий как свойство экономических функциональных систем // *Международный научный журнал*. № 3. С. 25–29.
- Berns A., Mitchell U. (1946). *Business cycles analysis*. Cambridge (MA), National Bureau of Economic Research, pp. 35–37.
- Blanchard O., Fisher S. (1989). *Lectures on Macroeconomics*. Cambridge: Mass., MIT Press.
- Leontief W., Chenry H.B., Clark P.G., Duesenberry J.S., Ferguson A.R., Grosse A.P., Grosse R.N., Holzman M., Isard W., Kistin H. (1953). *Studies in the structure of the American Economy*. Harvard Economic Research Project: Research Project on the Structure of the American Economy. New York: Oxford University Press.
- Narula R. (2002). Innovation systems and 'inertion' in R&D location: Norwegian firms and the role of systematic lock-in. *Research Policy*, 31 (5), 795–816.
- Narula R., Jormanainen I. (2008). *When a good science base is not enough to create competitive industries: Lock-in and inertia in Russian systems of innovation*. United Nations University — Maastricht Economic and social Research and training center on Innovation and Technology Keizer Karelplein. Maastricht, Netherlands.
- Różycki M. (2019). *Inertia in assessing the possibilities of economic development: Limits in modelling economies*. DOI: 10.5772/intechopen.86351

Ю.В. Козырь **Феномен ликвидности: суть, критерии, свойства и влияние на рыночную и инвестиционную стоимость активов** *Экономика и математические методы* 2022, 58 (1), с. 48–60

Ю.В. Козырь,
ЦЭМИ РАН, Москва; e-mail: y_k65@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию феномена ликвидности с позиции экономико-математического подхода. Представлены существующие определения и критерии ликвидности и неликвидности. Проведен анализ свойств ликвидности. Особое внимание уделено таким транзакционным издержкам, как спред и временной фактор.

Показано, что ликвидность не является имманентно присущей категорией актива — это производная нескольких факторов, свойственных как самому активу, так и его рыночному окружению. На основе анализа предложено микроэкономическое описание условия возникновения ликвидности, возможные методы и способы выявления уровня ликвидности, а также способы оценок издержек ликвидности. Дополнительно приведены методы оценок экономических выгод ликвидности и их вклада в стоимость однородных и различающихся активов. Для оценок индивидуальных выгод ликвидности введены понятия «уравнивающая ставка» и «компенсаторный эквивалент», интегрированные в дальнейшем в методологию оценки общей и дополнительной ликвидности, выражаемой в относительной или абсолютной (денежной) формах. Дана классификация видов ликвидности, ее сочетание с инвестиционной стоимостью ликвидного и неликвидного актива, а также пример сквозного расчета значений предложенных величин. В приложении приведены расчетные формулы для оценки издержек ликвидности. Данную методологию расчетов можно применять при оценке инвестиционной привлекательности активов, выборе вариантов их размещения в форме денежных средств, ценных бумаг или объектов недвижимости.

Ключевые слова: ликвидность, рыночная стоимость, инвестиционная стоимость, оценка, активы, объект оценки, экономическая выгода, скидка на пониженную ликвидность.

Классификация JEL: C58, D46, G31, G32, G33, M58.

Цитирование: **Козырь Ю.В.** (2022). Феномен ликвидности: суть, критерии, свойства и влияние на рыночную и инвестиционную стоимость активов // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 48-60 DOI:10.31857/S042473880018961-6

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Денин Н.С.** (2020). Требуемая дополнительная доходность низколиквидных активов // *Имущественные отношения в Российской Федерации*. № 8 (227). С. 14–22.
- Шарп У.Ф., Александер Г.Дж., Бейли Дж.В.** (1997). Инвестиции. Пер. с англ. М.: Инфра-М. 1024 с.
- Amihud Y., Mendelson H.** (1986). Asset pricing and the bid-ask spread. *Journal of Financial Economics*, 17, 223–250.
- Datar V.T., Naik N.Y.** (1998). Radcliffe R. Liquidity and stock returns: An alternative test. *Journal of Financial Markets*, 1, 203–219.
- Finnerty J.D.** (2012). An average-strike put option model of marketability discount. *The Journal of Derivatives*, Summer, 19 (4), 53–69. DOI: 10.3905/jod.2012.19.4.053
- Longstaff F.A.** (1995). How much can marketability affect security values? *Journal of Finance*, 50, 1767–1774.
- Lundgren D., Huang X.** (2019). Liquidity modeling in real estate using survival analysis. Available at: <https://www.infoq.com/presentations/liquidity-modeling-risk/>

Народнохозяйственные проблемы

К.Х. Зоидов, Н.С. Зиядуллаев, А.А. Медков **Эволюция евроазиатских отношений в духе Великого шелкового пути: обзор научных материалов** *Экономика и математические методы* 2022, 58 (1), с. 61-69

К.Х. Зоидов,

Институт проблем рынка, Российская академия наук, Москва; e-mail: :kobiljonz@mail.ru

Н.С. Зиядуллаев,

Институт проблем рынка, Российская академия наук, Москва; e-mail: nabi926@mail.ru

А.А. Медков,

Институт проблем рынка, Российская академия наук, Москва; e-mail: medkov71@mail.ru

Исследование проведено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 20-110-50567 Экспансия.

Аннотация. В обзорной статье на основе методов эволюционно-институциональной теории, системной парадигмы, аналитической оценки и исторического подхода дан всесторонний обзор научных материалов, касающихся эволюции торгово-экономических и военно-политических евроазиатских отношений и организационно-институциональных направлений возрождения духа Великого шелкового пути (ВШП) в качестве инструмента инновационно-интеграционного взаимодействия на пространстве глобальной Евразии, в том числе и без участия Китая. Исследование является продолжением работ авторов, связанных с анализом последствий Инициативы КНР «Пояс и путь» в качестве «мягкой силы» распространения китайского мирового влияния. Приведены обзор, классификация и анализ научных материалов, касающихся различных форм геополитического противоборства государств и регионов за контроль над торговыми путями, который может осуществляться как путем образования огромной империи, так и создания межгосударственно-корпоративного партнерства в целях обеспечения экономической безопасности торговли на дальние расстояния от Средиземноморья и Северной Европы до Восточной Азии. Показано, что установление евроазиатских отношений происходило в различных узловых точках и территориях мирового хозяйства: Центральной Азии, итальянских торговых республиках, странах Северной Европы, а также путем создания европейскими государствами глобальных торговых империй и квазигосударственных корпоративных структур. Приведена систематизация рисков и негативных последствий функционирования современных торговых путей, возрождения духа ВШП на политико-экономическое положение России. Особое внимание уделено научным исследованиям, в которых содержится предостережение от чрезмерно активного вовлечения страны в мировую торговлю. Определены векторы участия России в качестве лидера инновационно-индустриального развития торговых путей XXI в., прежде всего в направлении Север–Юг.

Ключевые слова: эволюционно-институциональная теория, транзитная экономика, Великий шелковый путь, политико-экономические отношения, военно-стратегические отношения, торговые пути, организации, институты, ЕАЭС, глобальная Евразия.

Классификация JEL: R40, N70, F15-17.

Цитирование: **Зоидов К.Х., Зиядуллаев Н.С., Медков А.А.** (2022). Эволюция евроазиатских отношений в духе Великого шелкового пути: обзор научных материалов // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 61-69. DOI: 10.31857/S042473880018965-0

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акаев А.А., Акаева Б.А.** (2019). Кыргызстан в эпоху цифровой экономики на новом Шелковом пути. М.: URSS.
- Алимов Р.К.** (2021). О современном Китае, поясах сотрудничества и путях соразвития. Москва. Издательство «Весь мир». 392 с.
- Антипов К.** (2014). О некоторых аспектах эволюции ближневосточной политики Китая // *Проблемы Дальнего Востока*. № 2. С. 27–37.
- Ахмедова Д.А., Абдугафаров А.А., Абдугафарова Д.А., Рахматов Б.Б., Ахмаджанова Р.С.** (2018). Влияние Евразийского экономического союза (ЕАЭС) и создание Шелкового пути на экономику Республики Таджикистан. В кн.: *Инновационные подходы в решении проблем современного общества*. Монография. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». С. 234–242.
- Баллард Дж.А.** (2012). Властители Индийского океана. Становление морских связей между Европой и Азией. Пер. с англ. Л.А. Игоревского. М.: ЗАО Центрополиграф. 383 с.
- Брэдфорд Э.** (2019). История Средиземноморского побережья. Как боролись за мировое господство Рим и Карфаген, противостояли Византия и Османская империя. Пер. с англ. Л.А. Игоревского. М.: ЗАО Центрополиграф. 543 с.
- Вернадский Г.** (2016). Монголы и Русь. М.: Ломоносовъ. 512 с.
- Голдстоун Дж.** (2014). Почему Европа? Возвышение Запада в мировой истории, 1500–1850. Пер. с англ. М. Рудакова; под ред. И. Чубарова. М.: Изд-во Института Гайдара. 224 с.
- Гончаренко С.С.** (2017). Стратегическое партнерство России и Индии в сфере евразийских международных транспортных коридоров. В сб.: *Управление развитием крупномасштабных*

- систем MLSD'2017. Труды Десятой международной конференции в двух томах. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. С. 399–404.
- Груссе Р.** (2020). Степные кочевники, покорившие мир. Под властью Аттилы, Чингизхана, Тамерлана. Пер. с франц. В.Е. Климанова. М.: ЗАО Центрполиграф. 527 с.
- Ельчанинов А.И.** (2019). По Великому Шелковому пути – Ледовому Шелковому пути – дороге мира и экономического сотрудничества // *Культурологический журнал*. № 3 (37). С. 3.
- Зоидов К.Х., Медков А.А.** (2021a). Проблемы эволюции транзитных систем и сопряжения инфраструктурных проектов формирования Большого Евразийского партнерства // *Экономика и математические методы*. Т. 57. № 2. С. 64–72.
- Зоидов К.Х., Медков А.А.** (2021b). Китайская инициатива «пояс и путь» — основа эволюционного развития и сопряжения инфраструктурно-интеграционных проектов на пространстве Большой Евразии (обзор научных подходов). Под ред. чл.-корр. РАН В.А. Цветкова. М.: ИПР РАН. 146 с.
- Иноземцева Е.И.** (2015). Международная транзитная торговля — важный фактор межконфессиональной и межнациональной толерантности в средневековом Дербенте // *Вестник Института истории, археологии и этнографии*. № 1 (41). С. 33–40.
- Исомитдинов Ж.Б.** (2019). Согдийцы — колонизаторы на трассе Великого Шелкового пути // *Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова*. Серия гуманитарно-общественных наук. № 3 (60). С. 19–25.
- Косов Ю.В., Шматко А.Д.** (2016). Исследование китайского проекта создания Экономического пояса Шелкового пути // *Евразийская интеграция: экономика, право, политика*. № 1 (19). С. 35–39.
- Кроули Р.** (2015). Венецианская республика. Расцвет и упадок великой морской империи. 1000–1503. Пер. с англ. Л.А. Игоревского. М.: ЗАО Издательство Центр-полиграф.
- Латов Ю.В.** (2010). Великий Шелковый путь — пролог мировой экономики и глобализации (к 2130-летию его «открытия») // *Историко-экономические исследования*. Т. 11. № 1. С. 123–140.
- Международные отношения в Центральной Азии: события и документы: Учеб. пособие для студентов вузов (2014). А.Д. Богатуров, А.С. Дундич, В.Г. Коргун и др. А.Д. Богатуров (отв. ред.). 2-е изд. М.: Издательство «Аспект Пресс». 560 с.
- Мотовиц Т.Г., Пенькова А.С.** (2018). «Великий Шёлковый путь» — средство расширения и углубления регионального сотрудничества. В сб.: Актуальные вопросы юридической науки и практики. Материалы III Международной научно-практической конференции. С. 12–15.
- Омуралиев Ж., Осмоналиев К.М.** (2014). Ренессанс Великого Шелкового пути: принципы сотрудничества и дипломатии // *Вестник Дипломатической академии Министерства иностранных дел Кыргызской республики им. Казы Дикамбаева*. № 4. С. 189–195.
- Пак Е.В.** (2018). Государственно-частное партнёрство как инструмент построения транзитной экономики ЕАЭС: пример России и стран Центральной Азии // *Вестник МГИМО-Университета*. № 5 (62). С. 174–183.
- Пак Е.В.** (2020). Перспективы реализации транзитного потенциала РФ и Казахстана // *Мировая экономика и международные отношения*. Т. 64. № 11. С. 132–138. DOI: 10.20542/0131-2227-2020-64-11-132-138
- Пак Е.В.** (2021). Участие КНР в инфраструктурном строительстве на территории России и Казахстана. Инициатива «Один пояс, один путь» // *Российский внешнеэкономический вестник*. № 1. С. 93–125. DOI: 10.24411/2072-8042-2021-1-93-105
- Пейн Л.** (2017). Море и цивилизация. Мировая история в свете развития мореходства. Пер. с англ. И.В. Майгуровой. М.: АСТ.
- Семенова Н.К.** (2018). Евразийская транспортная интеграция: начало пути. В сб.: «Управление развитием крупномасштабных систем mlsd'2018. Труды Одиннадцатой международной конференции». В 3 т. Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. С. 232–239.
- Трубецкой Н.С.** (2019). Евразийство: избранное: монография. М.: ИНФРА-М. 358 с.
- Тугужекова В.Н.** (2018). Роль Шелкового пути в распространении религии в Южной Сибири. В сб.: Исламский фактор в интеграционных процессах Великого Шелкового пути. Материалы II Международной научно-богословской конференции «Духовный Шелковый путь. Созидание. Интеграция». Сер. «Духовный Шелковый путь». С. 170–179.
- Фауст К.** (2019). Великий торговый путь от Петербурга до Пекина. История российско-китайских отношений в XVIII—XIX веках. Пер. с англ. С.А. Белоусова. М.: ЗАО Центрполиграф.

- Франкопан П.** (2018). Шелковый путь. Пер. с англ. Ю.В. Шаршуковой. М.: Издательство «Э». 688 с.
- Хансен В.** (2014). Великий шелковый путь. Портовые маршруты через Среднюю Азию. Китай–Согдиана–Персия–Левант. Пер. с англ. С.А. Белоусова. М.: ЗАО Издательство Центрполиграф. 477 с.
- Чжун Ц.** (2018). «Один пояс – один путь» как новая форма диалога между Китаем и цивилизациями // *Ярославский педагогический вестник*. № 1. С. 239–243.
- Шпулер Б.** (2017). Золотая Орда. Монголы на Руси. 1223–1502. Пер. с нем. С.Ю. Чупрова. М.: ЗАО Центрполиграф. 415 с.
- Элеманова Р.Т.** (2016). История Великого Шелкового пути на территории Кыргызстана // *Дневник Алтайской школы политических исследований*. № 32. С. 334–336.
- Lissovlik Y.D., Pak E.V., Zhang H.** (2021). Economic framework for Eurasian integration: Theory and practice. In: *The economic dimension of Eurasian integration*. N.A. Piskulova (ed.). Cham: Palgrave Macmillan.
- Pak E.V.** (2021). Transport and Logistics in the EAEU. In: *The economic dimension of Eurasian integration*. N.A. Piskulova (ed.). Cham: Palgrave Macmillan.

Н.А. Алейникова, М.Г. Матвеев **Цифровая технология организации централизованных закупок** *Экономика и математические методы* 2022,58 (1), с. 70-79

Н.А. Алейникова,

Воронежский государственный университет, Воронеж; e-mail: balbashovan@mail.ru

М.Г. Матвеев,

Воронежский государственный университет, Воронеж; e-mail: mgmatveev@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке моделей для обеспечения цифровой трансформации процессов в системах корпоративных и государственных закупок. В частности, рассматривается решение задачи многокритериального выбора в экономических системах, описываемых трехдольным графом «производитель — ресурс — потребитель». Предложена математическая модель оптимального распределения однородного ресурса от поставщиков к потребителям в условиях централизованной схемы закупок, которая сводится к транспортной задаче с промежуточными пунктами. Оптимизация направлена на достижение максимального соответствия по совокупности технических и коммерческих характеристик однородного ресурса. Для формулирования требований по этим характеристикам потребителю предлагается использовать нечеткие переменные, что дает ему гибкий механизм описания требований к ресурсу с учетом его предпочтений. Предложен оператор агрегирования локальных соответствий по совокупности характеристик в виде дискретного интеграла Шоке с нечеткой мерой. На примере производственного оборудования показано, как можно формализовать параметры модели, а затем оптимизировать и автоматизировать процесс распределения оборудования с помощью решения транспортной задачи с промежуточными пунктами так, чтобы было достигнуто максимальное соответствие его характеристикам. Разработанные модели и алгоритмы могут быть использованы при создании информационных сервисов на электронных торговых площадках, в том числе и государственных закупок.

Ключевые слова: цифровая трансформация; централизованная система закупок; однородный ресурс; лингвистические и нечеткие переменные; агрегирование; интеграл Шоке; нечеткая мера; многокритериальный выбор; транспортная задача с промежуточными пунктами.

Классификация JEL: M15.

Цитирование: **Алейникова Н.А., Матвеев М.Г.** (2022). Цифровая технология организации централизованных закупок // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 70-79. DOI: 10.31857/S042473880018980-7

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Автоматизация закупок: опыт крупнейших заказчиков, структура рынка, тренды. Исследование_TAdviser (2019). Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php/>
- Будяков А.Н., Гетманова К.Г., Матвеев М.Г.** (2017). Решение задачи выбора ресурсов и их поставщиков в условиях противоречивости технических и коммерческих требований // *Вестник Воронежского государственного университета, серия: Системный анализ и информационные технологии*. № 3. С. 26–34.
- Караев А.Э., Москвитина И.В., Будяков А.Н.** (2015). Использование методики планирования по обезличенным МТР при закупках и поставках комплектного оборудования для крупных проектов нефтяной отрасли // *Нефть России*. № 10. С. 52–53.
- Леденева Т.М., Подвальный С.Л.** (2016). Агрегирование информации в оценочных системах // *Вестник Воронежского государственного университета, серия: Системный анализ и информационные технологии*. № 4. С. 155–164.
- Матвеев М.Г.** (2021). Информационные технологии формирования предложения на электронной торговой площадке с технологией «маркетплейс» // *Экономика и математические методы*. Т. 57. № 1. С. 105–112.
- Мягких Н.Ю., Гриненко С.В.** (2017). Механизм централизации системы государственных закупок // *Научное обозрение. Экономические науки*. № 3. С. 69–72.
- Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта (1986). Под ред. Д.А. Поспелова. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.
- Таха Х.А.** (2001). Введение в исследование операций. М.: Издательский дом «Вильямс».
- Ягер Р.** (ред.) (1986). Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения. М.: Радио и связь.
- Amin S.H., Razmi J.** (2009). An integrated fuzzy model for supplier management: A case study of ISP selection and evaluation. *Expert Systems with Applications*, 36, 4, 8639–8648.
- Amin S.H., Zhang G.** (2012). An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: Multi-objective approach. *Expert Systems with Applications*, 39, 8, 6782–6791.
- Detyniecki M.** (2000). *Mathematical aggregation operators and their application to video querying*. Ph.D. dissertation, University of Paris VI, Paris, France.
- Mendoza A., Ventura J.A.** (2012). Analytical models for supplier selection and order quantity allocation. *Applied Mathematical Modelling*, 36, 8, 3826–3835.
- Mendoza F., Ventura J.A.** (2011). Modeling actual transportation costs in supplier selection and order quantity allocation decisions. *Operational Research*, 13, 1, 5–25.
- Moosavi S.A., Ebrahimnejad S.** (2017). A new multi-objective mathematical model for supplier selection in uncertain environment. *13th International Conference on Industrial Engineering (IIEC 2017)*.
- Roth A.E.** (2003). The origins, history, and design of the resident match. *Jama*, 289, 7, 909.
- Roth A.E., Rothblum U.G.** (1999). Truncation strategies in matching markets — in search of advice for participants. *Econometrica*, 67, 1, 21–43.
- Yager R.R.** (1988). Ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making // *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, Т.18. С.183–190.

Региональные проблемы

О.М. Шаталова, Е.В. Касаткина, В.Н. Лившиц **Кластерный анализ и классификация промышленно ориентированных регионов РФ по экономической специализации** *Экономика и математические методы* 2022,58 (1), с. 80-91

О.М. Шаталова,

Удмуртский филиал Института экономики УрО РАН, Ижевск; e-mail: oshatalova@mail.ru

Е.В. Касаткина,

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашиникова, Ижевск; e-mail: e.v.trushkova@gmail.com

В.Н. Лившиц,

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, Москва; e-mail: livchits@isa.ru

Статья подготовлена в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук и планом НИР Института экономики Уральского отделения РАН на 2021–2023 гг. по теме «Методология инновационного развития регионально-ориентированных систем в условиях нестабильной экономической конъюнктуры».

Аннотация. Статья посвящена вопросам организации промышленного сектора в пространственном развитии национальной экономики. Цель исследования состояла в классификации промышленно ориентированных регионов РФ по характеру их экономической специализации и развитию необходимых для этого экономико-математических методов. В условиях высокой социально-экономической дифференциации субъектов РФ исследовательские задачи их классификации приобретают высокую актуальность, поскольку способствуют выявлению однородных (по задаваемым признакам) групп регионов, каждой из которых присущи особые закономерности функционирования. Классификация промышленных регионов по критерию их экономической специализации была проведена с помощью интеллектуальных математических методов кластерного анализа. Для решения задачи был разработан адаптированный алгоритм кластеризации, основанный на использовании метода k-средних. Результатом кластеризации явилось разделение совокупности промышленных регионов на 12 классов, устойчивых по признаку экономической специализации, и их содержательная интерпретация, которая раскрывается следующими положениями: а) составлены описательные характеристики, идентифицирующие каждый класс регионов на основании концепции трехсекторной модели экономики (Фишера–Кларка) и результатов количественной оценки диверсификации экономики регионов; б) выраженная однородность регионов внутри кластеров позволила составить дифференцированную оценку социально-экономических показателей, учитывающую специфику экономики регионов в каждом классе. Полученные результаты позволили уточнить некоторые существенные закономерности, которые могут иметь значение для повышения эффективности государственного управления.

Ключевые слова: региональная экономика, устойчивое развитие, пространственное развитие, промышленно ориентированные регионы, экономическая специализация, диверсификация экономики региона, кластерный анализ, машинное обучение.

Классификация JEL: С38, О14, R11.

Цитирование: Шаталова О.М., Касаткина Е.В., Лившиц В.Н. (2022). Кластерный анализ и классификация промышленно ориентированных регионов РФ по экономической специализации // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 80-91. DOI:10.31857/S042473880018971-7

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Айвазян С.А., Афанасьев М.Ю., Кудров А.В. (2016). Метод кластеризации регионов РФ с учетом отраслевой структуры ВРП // *Прикладная эконометрика*. № 1 (41). С. 24–46.
- Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. (1989). Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.
- Вызовы и политика пространственного развития России в XXI веке** / Ред. В.М. Котляков, А.Н. Швецов, О.Б. Глезер. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2020. 365 с.
- Голова И.М., Суховой А.Ф. (2019). Дифференциация стратегий инновационного развития с учетом специфики российских регионов // *Экономика региона*. Т. 15. № 4. С. 1294–1308. DOI: 10.17059/2019-4-25.
- Лившиц В.Н. (2013). Системный анализ рыночного реформирования нестационарной экономики России: 1992–2013. М.: ЛЕНАНД. 640 с.
- Локосов В.В., Рюмина Е.В., Ульянов В.В. (2015). Региональная дифференциация показателей человеческого потенциала // *Экономика региона*. №4. С. 185–196. DOI: 10.17059/2015-4-15

- Локосов В.В., Рюмина Е.В., Ульянов В.В.** (2019). Кластеризация регионов России по показателям качества жизни и качества населения // *Народонаселение*. Т. 22. № 4. С. 4–17. DOI: 10.24411/1561-7785-2019-00035.
- Минакир П.А.** (2018). «Стратегия пространственного развития» в интерьере концепций пространственной организации экономики // *Пространственная экономика*. № 4. С. 8–20. DOI: 10.14530/se.2018.4.008-020.
- Михеева Н.Н.** (2013). Структурные факторы региональной динамики: измерение и оценка // *Пространственная экономика*. № 1. С. 11–32.
- Олдендерфер М.С., Блэшфилд Р.К.** (1989). Кластерный анализ. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика. 215 с.
- Охупкина Е.П., Охупкин В.П.** (2015). Подходы к кластеризации групп социальной сети // *Компьютерные исследования и моделирование*. Т. 7. № 5. С. 1127–1139.
- Петрыкина И.Н.** (2013). Кластерный анализ регионов Центрального федерального округа по уровню развития человеческого капитала // *Вестник ВГУ. Серия: экономика и управление*. № 1. С. 72–80.
- Тимошенко А.И.** (2012). Сибирские территориально-производственные комплексы: исторический опыт и новые проекты // *Историко-экономические исследования*. Т. 13. № 1. С. 71–93.
- Швецов А.Н.** (2018). Инструменты политики поляризованного пространственного развития // *Федерализм*. № 1 (89). С. 82–103.
- Arthur D., Vassilvitskii S.** (2007). K-means++: The Advantages of Careful Seeding. *Conference: Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on discrete algorithms, SODA 2007*. New Orleans, Louisiana, USA. DOI: 10.1145/1283383.1283494
- Fisher A.G.V.** (1939). Production, Primary, Secondary and Tertiary. *Economic Record*, 15, 1, 24–38. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1475-4932.1939.tb01015.x>

М.Н. Дудин, С.В. Шкодинский, Д.И. Усманов **Элементы корреляционного анализа в оценке цифрового неравенства отдельных регионов России** *Экономика и математические методы* 2022, 58 (1), с. 92–103

М.Н. Дудин,

Институт проблем рынка РАН, Москва, e-mail: dudinmn@mail.ru

С.В. Шкодинский,

Институт проблем рынка РАН; Научно-исследовательский финансовый институт Минфина России, Москва, e-mail: sh-serg@bk.ru

Д.И. Усманов,

Институт проблем рынка РАН, Москва, e-mail: us.dali@mail.ru

Статья подготовлена в рамках государственного задания ИПР РАН, тема НИР «Институциональная трансформация экономической безопасности при решении социально-экономических проблем устойчивого развития национального хозяйства России».

Аннотация. Предмет исследования — специфические социально-экономические отношения, опосредующие процессы цифрового неравенства регионов Сибирского федерального округа в контексте корреляционного анализа. Цель исследования — проведение комплексной оценки и выявление корреляции между рейтингами цифровизации и показателями социально-экономического развития российских регионов (по данным Сибирского федерального округа, СФО) в интересах обоснования эффективного механизма сглаживания регионального неравенства в цифровой сфере. Методология исследования основана на принципах, методах и подходах корреляционного анализа, статистических методах обработки информации, а также на анализе вторичных источников информации о социально-экономическом положении региона и уровне развития информационно-коммуникационных технологий в нем. Результаты — актуализированы данные о наличии цифрового неравенства в регионах СФО. Выявлена взаимосвязь между уровнем развития информационно-коммуникационных технологий и

социально-экономическим положением территорий, что обуславливает важную роль устранения цифрового неравенства в деле повышения экономической безопасности регионов. Обоснована важность увеличения ИКТ-бюджетов регионов СФО. Исследование показало, что успешный опыт преодоления цифрового неравенства включает мероприятия, направленные на повышение доступности ИКТ, уровня проникновения цифровых услуг и удельного веса грамотных специалистов в области ИКТ. Использование элементов корреляционного анализа позволяет выявить причинно-следственные связи регионального цифрового неравенства в условиях существенной территориальной раздробленности и дифференциации социально-экономического положения субъектов Федерации России. Программы преодоления цифрового неравенства должны опираться на соответствующий механизм, обеспечивающий построение сетевой инфраструктуры и проникновение цифрового пространства в удаленные районы и сельскую местность параллельно с повышением общей цифровой грамотности населения. Как показывает практика, механизм выравнивания, сглаживания уровня цифрового неравенства неизбежно влечет за собой рост экономической активности, повышение экономической безопасности регионов, роста их конкурентоспособности на локальном, общероссийском и мировом рынках.

Ключевые слова: цифровизация, социально-экономическое развитие, ИКТ, широкополосный доступ, цифровое неравенство.

Классификация JEL: С40, R15.

Цитирование: Дудин М.Н., Шкодинский С.В., Усманов Д.И. (2022). Элементы корреляционного анализа в оценке цифрового неравенства отдельных регионов России // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 92-103. DOI: 10.31857/S042473880014670-6

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баженов С.И.** (2021). Цифровая трансформация экономической безопасности региона (на примере Свердловской области) // *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*. № 1 (65). С. 1–10.
- Батракова Л.Г.** (2019). Развитие цифровой экономики в регионах России // *Социально-политические исследования*. № 1. С. 51–64.
- Бублик Н.Д., Лукина И.И., Чувилин Д.В., Шафиков Т.А., Юнусова Р.Ф.** (2018). Развитие цифровой экономики в регионах России: проблемы и возможности (на примере Республики Башкортостан) // *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*. № 1 (53). С. 1–1.
- Власов М.В.** (2020). Цифровая экономика как основное направление повышения уровня экономической безопасности региона (на примере субъектов Центрального федерального округа РФ) // *Вестник Пермского университета. Серия «Экономика»*. Т. 15 № 2. С. 271–287.
- Гайнанов Д.А., Шарифьянов Т.Ф.** (2014). Эволюция цифрового неравенства и инструментарий нейтрализации его последствий // *Региональная экономика: теория и практика*. № 22 (349). С. 2–18.
- Дедюлина М.А.** (2017). Цифровое неравенство: философское осмысление // *Studia Humanitatis*. № 2. С. 1–8.
- Квасникова М.А.** (2020). Цифровое неравенство и его влияние на социально-экономическое развитие регионов в России // *Социально-политические исследования*. № 1 (6). С. 43–58.
- Минаков А. В., Евраев Л.О.** (2020). Потенциал и перспективы развития цифровой экономики регионов России // *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*. № 3 (63). С. 1–11.
- Печаткин В.В.** (2020). Формирование и развитие цифровой экономики в России как стратегический приоритет развития территорий в условиях пандемий // *Вопросы инновационной экономики*. Т. 10, № 2. С. 837–848.
- Попов Е.В., Семячков К.А.** (2018). Проблемы экономической безопасности цифрового общества в условиях глобализации // *Экономика региона*. Т. 14, № 4. С. 1088–1101.

- Самаруха В.И., Краснова Т.Г., Плотникова Т.Н.** (2019). Развитие цифровой экономики в России и регионах Сибирского федерального округа // *Известия Байкальского государственного университета*. Т. 29, № 3. С. 476–483.
- Сошина О.Н.** (2020). Основные проблемы обеспечения уровня экономической безопасности региона в цифровой экономике // *Экономика. Информатика*. Т. 47. № 1. С. 31–39.
- Шамсутдинова Т.М.** (2019). Роль и место образования в преодолении цифрового неравенства (по материалам Республики Башкортостан) // *Регионоведение*. Т. 27, № 2. С. 330–353.

Отраслевые проблемы

И.П. Комарова **Понятие и типы сетевого капитала (на примере авиастроения)** *Экономика и математические методы* 2022, 58 (1), с. 104–112

И.П. Комарова,
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Москва,
e-mail: Komarova.IP@rea.ru

Аннотация. Функционирование сетевых форм экономического взаимодействия ведет к формированию и накоплению капитала особого рода — сетевого капитала — т.е. активов определенной степени специфичности, способных генерировать выгоды только в рамках данных сетевых структур. В статье выявлены основные типы сетевого капитала и условия их формирования. Определено, что переход к все более тесным и зависимым формам сетевого взаимодействия связан с аккумулярованием большей величины и многообразия типов сетевого капитала. В зависимости от наличия определенных типов сетевого капитала, величины вложений в специфические активы, а также тесноты связей внутри сети выделены основные типы сетей — рыночные, партнерские, зависимые, клановые и иерархические. В качестве примера представлены основные типы сетевого капитала, сформированного в глобальных сетях авиастроительной отрасли. Определено, что центральный агент сети может одновременно входить в разные по тесноте связи и взаимозависимости сетевые формы сотрудничества с различными компаниями, формируя при этом разные типы общего сетевого капитала. В качестве методологической основы исследования выступили неоклассическая и институциональная экономическая теории, теория контрактов, экономическая социология.

Ключевые слова: сеть, сетевой капитал, специфический актив, центральный агент, способ координации, глобальная цепочка создания стоимости, контракт, авиастроение.

Классификация JEL: D85, L14.

Цитирование: **Комарова И.П.** (2022). Понятие и типы сетевого капитала (на примере авиастроения) // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 104–112
DOI:10.31857/S042473880018963-8

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Байбурина Э.Р., Жуковец О.С.** (2009). Концепция анализа сетевого капитала как драйвера стоимости компании // *Корпоративные финансы*. Вып. 4 (12). С. 130–144.
- Дементьев В.Е., Устюжанина Е.В., Евсюков С.Г.** (2018). Цифровая трансформация цепочек создания ценности: «улыбка» может оказаться «хмурой» // *Журнал институциональных исследований*. Т. 10. № 4. С. 58–77.
- Катькало В.С.** (1990). Межфирменные сети: проблематика исследований новой организационной стратегии в 1980 и 90-е годы // *Вестник Санкт-Петербургского университета*. Сер. 5. Вып. 2 (№ 12). Режим доступа: <https://mognovse.ru/zge-ekonomika-zarubejnih-stran.html>
- Котляров И.Д.** (2019). Трансформация фирмы: переход к «облачной» системе создания и присвоения стоимости // *Журнал экономической теории*. Т. 16. № 3. С. 454–467.
- Портер М.** (1990). Международная конкуренция. Конкурентные преимущества стран. М.: Альпина Диджитал. 84 с.
- Поставщики авиапрома: целевое состояние (2015) // *Минпромторг России*. Режим доступа. Available at:

- Радаев В.В.** (2008). Рынок как переплетение социальных сетей // *Российский журнал менеджмента*. Т. 6. № 2. С. 47–54.
- Устюжанина Е.В., Евсюков С.Г., Комарова И.П.** (2019). Сети создания стоимости: проблемы формирования и управления // *Менеджмент и бизнес-администрирование*. № 3. С. 132–150.
- Baldwin R., Venables A.J.** (2013). Spiders and Snakes: Offshoring and Agglomeration in the Global Economy // *Journal of International Economics*, 90 (2), 245–254. DOI: 10.1016/j.jinteco.2013.02.005
- Bourdieu P.** (1986). The forms of capital. J. Richardson. *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education*. Westport: Greenwood, 241–258.
- Burt R.S.** (1995). Structural holes: The social structure of competition. Cambridge: Harvard University Press. 324 p.
- Escaith H.** (2017). Accumulated trade costs and their impact on domestic and international value chains. Chapter 4. In: World Bank et al., *Measuring and Analyzing the Impact of GVCs on Economic Development*. Washington: World Bank. Available at: <http://www.worldbank.org/en/topic/trade/publication/global-value-chain-development-report-measuring-and-analyzing-the-impact-of-gvcs-on-economic-development>
- Gereffi G., Humphrey J., Sturgeon T.** (2005). The governance of global value chain. *Review of International Political Economy*, February, 12 (1), 78–104.
- Richardson G.B.** (1972). The organisation of industry. *The Economic Journal*, 82, 883–896.
- Robison L.J., Schmid A.A., Siles M.E.** (2002). Is social capital really capital? *Review of Social Economy*, 60 (1), February, 1–21.
- Viedma J.-M.** (2003). Capital benchmarking system — profiting from social capital when building network organisations. *Journal of Intellectual Capital*, January, 9 (3), 501–509.
- White H.** (1981). Where do markets come from? *The American Journal of Sociology*, 87 (3), 517–547. Available at:
- Zenger T.R., Felin T., Bigelow L.** (2011). Theories of the firm-market boundary. *The Academy of Management Annals*, 5, 1, 89–133.

Математический анализ экономических моделей

В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Г.Л. Бекларян, А.С. Акопов, Е.А. Ровенская, Н.В. Стрелковский **Агентное моделирование социально-экономических последствий миграции при государственном регулировании занятости** *Экономика и математические методы* 2022, 58 (1), с.113-130

В.Л. Макаров,

ЦЭМИ, Москва; e-mail: makarov@cemi.rssi.ru

А.Р. Бахтизин,

ЦЭМИ, Москва; e-mail: albert.bakhtizin@gmail.com

Г.Л. Бекларян,

ЦЭМИ, Москва; e-mail: glbeklaryan@gmail.com

А.С. Акопов,

ЦЭМИ, Москва; e-mail: akopovas@umail.ru

Е.А. Ровенская,

Международный институт прикладного системного анализа (МИПСА), Лаксенбург, Австрия; МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва; e-mail: rovenska@iiasa.ac.at

Н.В. Стрелковский,

Международный институт прикладного системного анализа (МИПСА), Лаксенбург, Австрия; e-mail: strelkon@iiasa.ac.at

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-51-14010 АНФ_а).

Аннотация. В статье представлен подход к моделированию социально-экономических последствий миграции на основе расширенной модели взаимодействия мигрантов с

коренными жителями, в которой регулирующая функция государства состоит в централизованном создании новых рабочих мест, различающихся уровнем «технологической отдачи» (т.е. производительности труда, зависящей от отраслевой принадлежности формируемых рабочих мест). Предлагаемый в статье подход основан на ранее предложенной модели взаимодействия мигрантов с коренными жителями и ориентирован на исследование социально-экономических последствий миграции в системе с более сложной регулирующей функцией государства, создающего низко- и высокотехнологичные рабочие места, соответственно привлекательные для мигрантов и коренных жителей. При создании рабочих мест агент-государство руководствуется двумя возможными стратегиями: создание кластерно-ориентированных рабочих мест в зонах высокой концентрации мигрантов и коренных жителей и равномерно распределенных рабочих мест с целью увеличения частоты взаимодействий между агентами различных классов и снижения уровня сегрегации населения. При этом особое внимание уделяется процессам ассимиляции, временные характеристики которой зависят от уровня сегрегации исследуемых сообществ, государственных инвестиций в образование и интеграцию и др. В предложенной модели учитывается влияние различных управляющих параметров, в частности, влияние уровня толерантности на выбор агентом места локации в условиях ограниченного соседства, влияние уровня образования на размерность области поиска нового рабочего места и другие важные характеристики, отражающие особенности поведения членов исследуемых сообществ. При этом социально-экономические последствия миграции исследуются при различных сценарных условиях, в частности, различающихся по паттернам поведения агентов, принадлежащих рассматриваемым сообществам, темпам притока новых мигрантов, уровню государственных расходов на образование и др.

Ключевые слова: агентное моделирование миграции, государственное регулирование занятости, социально-экономические последствия миграции, AnyLogic.

Классификация JEL: C02, C63, F22, J11, J61.

Цитирование: **Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бекларян Г.Л., Акопов А.С., Ровенская Е.А., Стрелковский Н.В.** (2022). Агентное моделирование социально-экономических последствий миграции при государственном регулировании занятости // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 113-130. DOI:10.31857/S042473880018960-5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акопов А.С.** (2014). Имитационное моделирование: учебник и практикум. М.: ЮРАЙТ. 389 с.
- Белоусов Ф.А.** (2017). Модель сообществ с двумя способами воспроизводства продукта (модель «кочевников» и «землепашцев») // *Экономика и математические методы*. Т. 53. № 3. С. 93–109.
- Бреер В.В.** (2016). Модели толерантного порогового поведения (от Т. Шеллинга – к М. Грановеттеру) // *Проблемы управления*. № 1. С. 11–20.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бекларян Г.Л., Акопов А.С., Ровенская Е.А., Стрелковский Н.В.** (2020). Агентное моделирование популяционной динамики двух взаимодействующих сообществ: мигрантов и коренных жителей // *Экономика и математические методы*. 2020. Т. 56. № 2. С. 5–19.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бекларян Г.Л., Акопов А.С., Ровенская Е.А., Стрелковский Н.В.** (2019). Укрупненная агент-ориентированная имитационная модель миграционных потоков стран Европейского союза // *Экономика и математические методы*. Т. 55. № 1. С. 3–15.
- Bacolod M., Rangel M.A.** (2017). Economic assimilation and skill acquisition: Evidence from the occupational sorting of childhood immigrants. *Demography*, 54, 571–602.
- Beklaryan A.L., Akopov A.S.** (2016). Simulation of agent-rescuer behavior in emergency based on modified fuzzy clustering. In: *AAMAS'16: Proceedings of the 2016 International conference on autonomous agents & multiagent systems*. Richland: International foundation for autonomous agents and multiagent systems, 1275–1276.
- Bezdek C.J.** (1974). Cluster validity with fuzzy sets. *Journal of Cybernetics*, 3 (3), 58–73.

- Bezdek C.J.** (1981). *Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms*. Norwell (Mass.): Kluwer Academic Publishers.
- Bleakley H., Chin A.** (2010). Age at Arrival, English Proficiency, and Social Assimilation Among US Immigrants. *American Economic Journal: Applied Economics*, 2(1), 165–192.
- Borshchev A.** (2013). *The big book of simulation modeling: Multimethod modeling with AnyLogic 6*. Lisle (IL): AnyLogic North America.
- Bove V., Elia L.** (2017). Migration, diversity, and economic growth. *World Development*, 89, 227–239.
- Dekking M.** (2005). *A modern introduction to probability and statistics: Understanding why and how*. London: Springer.
- Dudley D.O., Lieberman S.** (1959). Ethnic segregation and assimilation. *American Journal of Sociology*, 64 (4), 366–374.
- Duncan O.D., Duncan B.** (1955). Methodological analysis of segregation indexes. *American Sociological Review*, 20 (2), 210–217.
- Gorodzeisky A., Semyonov M.** (2019). Unwelcome immigrants: Sources of opposition to different immigrant groups among Europeans. *Frontiers in Sociology*, 4, 24, 1–10.
- Granovetter M.** (1978). Threshold models of collective behavior. *The American Journal of Sociology*, 83 (6), 1420–1443.
- Jean S., Causa O., Jimenez M., Wanner I.** (2010). Migration and labour market outcomes in OECD countries. *OECD Journal: Economic Studies*, 2010, 1–34.
- Kain J.F.** (1969). Coping with ghetto unemployment. *Journal of the American Institute of Planners*, 35 (2), 80–83.
- Lavrinovicha I., Lavrinenko O., Teivans-Treinovskis J.** (2015). Influence of education on unemployment rate and incomes of residents. *Procedia — Social and Behavioral Sciences*, 174, 3824–3831.
- Lorscheid I., Heine B. O., Meyer M.** (2012). Opening the ‘black box’ of simulations: Increased transparency and effective communication through the systematic design of experiments. *Comput. Math. Organ. Theory*, 18, 22–62.
- Pew Research Center (2020). *A majority of Americans say immigrants mostly fill jobs U.S. citizens do not want*. Washington, Pew Research Center, June 10.
- Richmond P., Walker D., Coakley S., Romano D.** (2010). High performance cellular level agent-based simulation with FLAME for the GPU. *Briefings in Bioinformatics*, 11 (3), 334–347.
- Sabot R.H.** (1982). *Migration and the labor market in developing countries*. New York. Taylor and Francis.
- Schelling T.C.** (1971). Dynamic models of segregation. *The Journal of Mathematical Sociology*, 1 (2), 143–186.
- Urselmans L., Phelps S.** (2018). A Schelling model with adaptive tolerance. *PLoS ONE*, 13 (3), e0193950.

В.А. Кармалита **Адаптация стохастической модели экономических циклов к эмпирическим данным** *Экономика и математические методы* 2022, 58 (1), 131-139

В.А. Кармалита,

Частный консультант, Канада; e-mail: karmalita@videotron.ca

Аннотация. Исследование посвящено разработке процедуры адаптации стохастической модели экономического цикла к эмпирическим значениям валового продукта. Установление статистической эквивалентности процесса авторегрессии второго порядка $AR(2)$ дискретной выборке из случайных колебаний функции доходов позволило определить аналитическую связь коэффициентов авторегрессионной модели с параметрами экономического цикла. Наличие этой связи сводит процедуру адаптации модели цикла к линейной задаче оценки коэффициентов $AR(2)$ -модели по эмпирическим данным. Установлено существование оптимальной дискретизации функции доходов в виде четырех отсчетов на период цикла, при которой достигается наибольшая точность оценок коэффициентов модели ряда Юла, т.е. обеспечивается получение эффективных оценок параметров цикла. Предложенная процедура адаптации модели цикла учитывает

особенности эмпирических данных и позволяет: 1) восстановить функцию доходов из значений валового продукта; 2) выделить данные интересующего цикла; 3) определить временной интервал псевдостационарности модели; 4) оценить ее параметры, соответствующие этому интервалу; 5) проанализировать точность получаемых оценок параметров цикла. Процедура адаптации модели формально (математически) описана от эмпирических значений валового продукта до оценок параметров цикла и применима для эконометрических задач оценивания параметров систем, описываемых обыкновенными дифференциальными и разностными уравнениями второго порядка.

Ключевые слова: экономические циклы, случайные колебания, ряд Юла, оценки максимального правдоподобия, псевдостационарность.

Классификация JEL: C22, C65, C83.

Цитирование: **Кармалита В.А.** (2022). Адаптация стохастической модели экономических циклов к эмпирическим данным // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 131-139. DOI:10.31857/S042473880018968-3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кармалита В.А.** (2018). Цифровая обработка случайных колебаний. Изд. 2-е. М.: Инновационное машиностроение. 88 с.
- Кармалита В.А.** (2021). Синергетический подход к макроэкономическим исследованиям // *Экономика и математические методы*. Т. 57. № 4. С. 17–26.
- Болотин В.В.** (1976). Случайные колебания упругих систем. М.: Наука. 336 с.
- Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C., Ljung G.M.** (2015). *Time series analysis: Forecasting and control*. 5th ed. Hoboken, New Jersey: Wiley. 712 p.
- Gandolfo G.** (2010). *Economic dynamics*. 4th ed. Berlin: Springer-Verlag. 829 p.
- Jenkins G.M., Watts D.G.** (1968). *Spectral analysis and its applications*. London: Holden Day. 525 p.
- Karmalita V.** (2020). *Stochastic dynamics of economic cycles*. Berlin, Boston: De Gruyter. 106 p.
- Korotaev A.V., Tsirel S.V.** (2010). Spectral analysis of World GDP dynamics: Kondratieff waves, Kuznets swings, Juglar and Kitchin cycles in global economic development, and the 2008–2009 economic crisis. *Structure and Dynamics*, 4 (1), 3–57.
- Onwubolu G.C., Babu B.V.** (2013). *New optimization technics in engineering*. Berlin, Heidelberg: Springer. 712 p.
- Schlichtharle D.** (2011). *Digital filters: Basics and design*. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag. 527 p.
- Tikhonov A.N., Arsenin V.Y.** (1997). *Solution of ill-posed problems*. Washington: Winston & Sons. 258 p.
- Yamaguchi R., Islam M., Managi S.** (2019). Inclusive wealth in the twenty-first century: A summary and further discussions of Inclusive Wealth Report 2018. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 12 (2), 101–111.
- Zacks S.** (1981). *Parametric statistical inference: Basic theory and modern approaches*. New York: Pergamon Press. 404 p.