

АННОТАЦИИ

Том 58, номер 2, 2022

Теоретические и методологические проблемы

Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Epstein J.M. **Agent-based modeling for a complex world. Part 2 Экономика и математические методы** (В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин, Дж.М. Эпштейн **Агент-ориентированное моделирование для сложного мира. Часть 2**), 2022, 58(2), 7-21

В.Л. Макаров,

академик РАН, крупнейший в России специалист в области компьютерного моделирования социально-экономических процессов; научный руководитель Центрального экономико-математического института РАН; Президент Российской экономической школы; Директор Высшей школы государственного администрирования МГУ, Москва; e-mail: Makarov@cemi.rssi.ru

А.Р. Бахтизин,

член-корреспондент РАН; директор Центрального экономико-математического института РАН; профессор Московского государственного университета; Сертифицированный специалист по CGE моделям (сертификат Всемирного банка); Владелец профессиональных сертификатов компании Microsoft (Microsoft Certified Professional, Microsoft Certified Application Developer, Microsoft Certified Solution Developer), Москва; e-mail: albert.bakhtizin@gmail.com

Дж.М. Эпштейн,

профессор эпидемиологии в Школе глобального общественного здравоохранения Нью-Йоркского университета и директор-основатель Лаборатории агентного моделирования Нью-Йоркского университета, аффилированной с Курантовским институтом математических наук.

Авторы благодарны Елене Бойнович и Милане Сидоренко за помощь в технических вопросах подготовки материалов к изданию.

Исследование подготовлено при материальной поддержке Российского научного фонда (проект 21-18-00136 «Разработка программно-аналитического комплекса для оценки последствий межстрановых торговых войн с приложением для функционирования в системе распределенных ситуационных центров России»).

Аннотация. Основная цель статьи состоит в обобщении избранных разработок в области искусственных обществ и агент-ориентированного моделирования и определении того, как этот принципиально новый инструментарий может способствовать решению некоторых из самых сложных научных и практических проблем нашего времени. Сфера применения агентного моделирования значительно расширилась за последнюю четверть века, вобрав множество направлений в самых разных масштабах — от молекулярного до глобального. Описанные в статье модели являются лишь небольшой частью накопленных в мире научных и практических разработок в сфере агент-ориентированного моделирования. Дается представление о широком спектре областей применения моделей этого класса (эпидемиология, экономика, демография, окружающая среда, городская динамика, история, конфликты, стихийные бедствия и др.), масштабах использования (от биологических клеток до планетарного уровня) и целях разработки (исследовательских, генерации искусственных обществ, решения оптимизационных задач, прогнозирования, оценки геополитических сценариев и т.д.). Агент-ориентированные модели предлагают, с одной стороны, новую и мощную альтернативу, а с другой, дополняют традиционные математические методы решения сложных задач.

Ключевые слова: агент-ориентированные модели, эпидемиология, пешеходное движение, демографические процессы, транспортные системы, экологическое прогнозирование, землепользование, городская динамика, исторические эпизоды, моделирование конфликтов, социальные сети, экономические системы.

Классификация JEL: C63, D91.

Для цитирования: **Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Epstein J. M.** (2022). Agent-based modeling for a complex world. Part 2 // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 2. С. 7–21. DOI: 10.31857/S042473880020009-8

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 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.
- Бахтизин А.Р., Макаров В.Л., Максаков А.А., Сушко Е.Д.** (2021). Демографическая агент-ориентированная модель России и оценка ее применимости для решения практических управленческих задач // *Искусственные общества*. Т. 16. Вып. 2.
- 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., Хабриев Б.Р.** (2018). Оценка эффективности механизмов укрепления государственного суверенитета России // *Финансы: теория и практика*. Т. 22. № 5. С. 6–26.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д., Агеева А.Ф.** (2017). Агент-ориентированный подход при моделировании трудовой миграции из Китая в Россию // *Экономика региона*. Т. 13. Вып. 2. С. 331–341.
- 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.
- Agents of change (2010). Conventional economic models failed to foresee the financial crisis. Could agent-based modelling do better? *The Economist*, July 24. Available at: <https://www.economist.com/finance-and-economics/2010/07/22/agents-of-change>
- Agents of creation (2003). Artificial “agents” can model complex systems. *The Economist*, October 11. Available at: <https://www.economist.com/science-and-technology/2003/10/09/agents-of-creation>
- Axtell R.L., Epstein J.M., Dean J.S., Gumerman G.J., Swedlund A.C., Harburger J., Chakravarty S., Hammond R., Parker J., Parker M.** (2002). Population growth and collapse in a multiagent model of the Kayenta Anasazi in Long House Valley. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, May, 99 (suppl. 3), 7275–7279. DOI: 10.1073/pnas.092080799
- Axtell R.L.** (2015). Endogenous dynamics of multi-agent firms. *SSRN Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.2827059
- Axtell R.L.** (2016). 120 million agents self-organize into 6 million firms: A model of the U.S. private sector. In: *Proceedings of the 2016 International Conference on Autonomous Agents & Multiagent Systems (AAMAS '16)*. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems. Richland, SC, 806–816. Available at: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2936924.2937042>
- Axtell R.L.** (2001). Zipf distribution of U.S. Firm Sizes. *Science*, 293 (5536), 1818–1820.
- Bravo G., Squazzoni F., Boero R.** (2012). Trust and partner selection in social networks: An experimentally grounded model. *Social Networks*, 34, 4, 481–492. DOI: 10.1016/j.socnet.2012.03.001
- Cederman L.E.** (2003). Modeling the size of wars: From billiard balls to sand piles. *American Political Science Review*, 97 (1), 135–150.
- Crevald M. van** (1977). *Supplying war: Logistics from Wallenstein to Patton*. New York: Cambridge University Press.
- Deissenberg C., Hoog S. van der, Dawid H.** (2008). EURACE: A massively parallel agent-based model of the European economy. *Applied Mathematics and Computation*, 204, 541–552. DOI: 10.1016/j.amc.2008.05.116

- Diamond J.** (2002). Life with the artificial Anasazi. *Nature*, 419, 567–568. DOI: 10.1038/419567a
- Dou Y., Millington J.D.A., Bicudo Da Silva R.F., McCord P., Viña A., Song Q., Yu Q., Wu W., Batistella M., Moran E., Liu J.** (2019). Land-use changes across distant places: design of a telecoupled agent-based model. *Journal of Land Use Science*, 14, 3, 191–209. DOI: 10.1080/1747423X.2019.1687769
- Epstein J.M.** (2013). *Agent_Zero: Toward neurocognitive foundations for generative social science*. Princeton: Princeton University Press. 249 p.
- Epstein J.M.** (2002). Modeling civil violence: An agent-based computational approach. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. May, 99 (suppl. 3), 7243–7250. DOI: 10.1073/pnas.092080199
- Epstein J.M.** (2006). *Generative social science: Studies in agent-based computational modeling*. Princeton: Princeton University Press. 352 p.
- Epstein J.M., Axtell R.** (1996). *Growing artificial societies: Social science from the bottom up*. Washington: Brookings Institution Press. The MIT Press.
- Farmer J., Foley D.** (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460, 685–686. DOI: 10.1038/460685a
- Fleischmann A.** (2005). A model for a simple Luhmann economy. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 8, 2. Available at: <https://www.jasss.org/8/2/4.html>
- Fosset P., Banos A., Beck E., Chardonnel S., Lang C., Marilleau N., Piombini A., Leysens T., Conesa A., Andre-Poyaud I., Thevenin T.** (2016). Exploring intra-urban accessibility and impacts of pollution policies with an agent-based simulation platform: GaMiroD. *Systems*, 4 (1), 5. Available at: <https://doi.org/10.3390/systems4010005>
- Glimcher P.W., Fehr E.** (eds.) (2013). *Neuroeconomics: Decision making and the brain*. Second Edition. Academic Press. 577 p. ISBN-13: 978-0124160088.
- Halaška M., Šperka R.** (2018). Is there a need for agent-based modelling and simulation in business process management? *Organizacija*, 51 (4), 255–269. DOI: 10.2478/orga-2018-0019
- Haldon J.F.** (ed.) (2005). *General issues in the study of medieval logistics: Sources, problems, methodologies*. Leiden, Boston: Brill.
- Hamill L., Gilbert N.** (2009). Social circles: A simple structure for agent-based social network models. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12 (2), 3. Available at: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/2/3.html>
- Hommes C., LeBaron B.** (Eds.) (2018). *Computational economics: Heterogeneous agent modeling*. Handbook in Economics. Elsevier.
- Huynh N., Perez P., Berryman M., Barthélemy J.** (2015). Simulating transport and land use interdependencies for strategic urban planning — an agent based modelling approach. *Systems*, 3 (4), 177–210. Available at: <https://doi.org/10.3390/systems3040177>
- Kirman A.P.** (1992). Whom or what does the representative individual represent? *Journal of Economic Perspectives*, 6 (2), 117–136.
- Kohler T.A., Gumerman G.J.** (2000). *Dynamics in human and primate societies: Agent-based modeling of social and spatial processes*. Oxford University Press. Published to Oxford Scholarship Online. November. DOI: 10.1093/oso/9780195131673.001.0001
- Lansing J.S., Kremer J.N.** (1993). Emergent properties of Balinese water temple networks: 2 coadaptation on a rugged fitness landscape. *American Anthropologist*, 95, 97–114.
- LeBaron B.** (2006). Agent-based Computational Finance. In: H.M. Amman, D.A. Kendrick, J. Rust (Eds). *Handbook of Computational Economics*. Vol. 2. Ch. 24, 1187–1233. Elsevier. Available at: <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:hecchp:2-24>
- LeBaron B.** (2019). Microconsistency in simple empirical agent-based financial models. *Computational Economics*, 1, 19. DOI: 10.1007/s10614-019-09917-8
- Lemos C.** (2017). *Agent-based modeling of social conflict: From mechanisms to complex behavior*. Berlin: Springer Verlag.

- Lemos C., Coelho H., Lopes R.J.** (2013). Agent-based modeling of social conflict, civil violence and revolution: State-of-the-art-review and further prospects. *CEUR Workshop Proceedings*, 1113, 124–138.
- Levitsky S., Ziblatt D.** (2018). *How democracies die*. New York: Broadway Books.
- Luhmann N.** (1988). *Die Wirtschaft der Gesellschaft (Suhrkamp taschenbuch wissenschaft)*. Frankfurt: Suhrkamp Verlag. 112 p.
- Matthews R.B., Gilbert N.G., Roach A., Polhill J.G., Gotts N.M.** (2007). Agent-based land-use models: A review of applications. *Landscape Ecology*, 22, 1447–1459. DOI : 10.1007/s10980-007-9135-1
- Murgatroyd P., Craenen B., Theodoropoulos G., Gaffney V., Haldon J.** (2012). Modelling medieval military logistics: An agent-based simulation of a Byzantine army on the march. *Computational and Mathematical Organization Theory*, December, 18, 4, 488–506.
- Murray-Rust D., Rieser V., Robinson D.T., Miličič V., Rounsevell M.** (2013). Agent-based modelling of land use dynamics and residential quality of life for future scenarios. *Environmental Modelling & Software*, 46, 75–89. DOI : 10.1016/j.envsoft.2013.02.011
- Nabinejad S., Schüttrumpf H.** (2017). An agent-based model for land use policies in coastal areas. *Coastal Engineering Proceedings*, 1 (35), Management. 9. DOI : 10.9753/icce.v35.management.9
- Peckham R.** (2013). Economies of contagion: Financial crisis and pandemic. *Economy and Society*, 42, 2, 226–248. DOI: 10.1080/03085147.2012.718626
- Polhill J.G., Parker D., Brown D., Grimm V.** (2008). Using the ODD protocol for describing three agent-based social simulation models of land-use change. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 11 (2), 3. Available at: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/11/2/3.html>
- Raberto M., Cincotti S., Teglio A.** (2014). *Economic policy and the financial crisis. Routledge Frontiers of Political Economy*. Taylor & Francis, ch. 9.
- Rand W., Rust R.T.** (2011). Agent-based modeling in marketing: Guidelines for rigor. *International Journal of Research in Marketing*, 28, 3, September, 181–193. DOI: 10.1016/j.ijresmar.2011.04.002
- Stepanenko V.M., Bopape M.J., Glazunov A.V., Gritsun A.S., Lykosov V.N., Mortikov E.V., Porto F., Rivin G.S., Sithole H., Tolstykh M.A., Vilfand R.M., Volodin E.M., Voevodin V.V.** (2020). *HPC and Weather/Climate/Environment applications: Global challenges and opportunities for BRICS-cooperation*. Presentation on 4th Meeting of the BRICS Working group on Information and Communication Technology and High Performance Computing. Nizhny Novgorod, Russia, 2020 October 8–9 Available at: <https://istina.msu.ru/conferences/presentations/338451642/>
- Teglio A., Mazzocchi A., Ponta L., Raberto M., Cincotti S.** (2015). *Budgetary rigor with stimulus in lean times: Policy advices from an agent-based model*. Working Papers 2015/04. Economics Department. Universitat Jaume I, Castellón (Spain). Available at: <https://ideas.repec.org/p/jau/wpaper/2015-07.html>
- Tesfatsion L.** (2002). Agent-based computational economics: Modelling economies as complex adaptive systems. December. Available at: <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi> (<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.64.7064&rep=rep1&type=pdf>).
- Will M., Groeneveld J., Frank K., Müller B.** (2020). Combining social network analysis and agent-based modelling to explore dynamics of human interaction: A review. *Socio-Environmental Systems Modelling*, 2, 16325. DOI: 10.18174/sesmo.2020a16325
- Yakovenko V.M., Rosser J.B.** (2009). Colloquium: Statistical mechanics of money, wealth, and income. *Rev. Mod. Phys.* 81, 1703 (December 2).

Клейнер Г.Б. **Универсальная система факторов производства** *Экономика и математические методы*, 2022, 58 (2), с. 22–31

Г.Б. Клейнер,

ЦЭМИ РАН, Финансовый университет при Правительстве РФ, Государственный университет управления; Москва; e-mail: george.kleiner@inbox.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 20-010-00835).

Аннотация. В данной статье, основываясь на новой теории экономических систем, мы предлагаем универсальную концепцию факторов экономической деятельности, пригодную для моделирования экономических систем различного масштаба, характера и назначения. Принятая в настоящей статье концепция указывает на объективный генезис единой системы агрегированных факторов производства, частными случаями которой являются классическая теория факторов производства, характерная для индустриальной экономики; маржиналистская теория факторов, характерная для индустриальной и постиндустриальной экономики; интеллектуальная теория факторов, характерная для экономики знаний и интеллектуальной экономики. Уточняются понятия фактора и системы факторов производства, представляющей совокупность независимых процессов, необходимых в целом и достаточных для реализации производства; уровень агрегирования при описании этих процессов должен соответствовать уровню агрегирования описания результатов производства. При разработке универсальной системы факторов производства мы модернизируем также понятия экономического явления и экономического пространства-времени, служащего вместилищем для этих явлений. Тем самым экономическое пространство-время уподобляется физическому пространству-времени, в каждой точке которого сосредоточены запасы материи (в экономическом пространстве — благ) и энергии (в экономическом пространстве — способностей эффективно использовать пространственно-временные ресурсы). Исследуются возможности сопряжения действия внутренних и внешних универсальных факторов на функционирование предприятия. Приводится пример построения параметрической производственной функции на базе системы универсальных факторов производства.

Ключевые слова: теория факторов производства, системная парадигма, неоклассическая система факторов производства, интеллектуальная система факторов производства, универсальная система факторов производства, экономические явления, производственная функция.

Классификация JEL: C00, D20, D24.

Для цитирования: **Клейнер Г. Б.** (2022). Универсальная система факторов производства // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 2. С. 22–31. DOI: 10.31857/S042473880020011-1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Клейнер Г.Б.** (1986). Производственные функции: теория, методы, применение. М.: Финансы и статистика.
- Клейнер Г.Б.** (2011). Новая теория экономических систем и ее приложения // *Вестник Российской академии наук*. Т. 81. № 9. С. 794–808.
- Клейнер Г.Б.** (2019). Принципы двойственности в свете системной экономической теории // *Вопросы экономики*. № 11. С. 127–149. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-11-127-149
- Клейнер Г.Б.** (2020). Интеллектуальная экономика цифрового века // *Экономика и математические методы*. Т. 56. № 1. С. 18–33. DOI: 10.31857/S042473880008562-7
- Клейнер Г.Б.** (2021). Интеллектуальная теория фирмы // *Вопросы экономики*. № 1. С. 73–97. DOI: 10.32609/0042-8736-2021-1-73-97
- Клейнер Г.Б., Рыбачук М.А.** (2017). Системная сбалансированность экономики. М.: ИД «Научная библиотека». 320 с.

- Румянцева С.Ю.** (2012). Проблема движения экономической материи и механизм экономического цикла // *Проблемы современной экономики*. № 1 (41). С. 29–34 [(in Russian).]
- Brynjolfsson E., Hitt L.** (1995). Information technology as a factor of production: The role of differences among firms. *Economics of Innovation and New Technology*, 3 (4) (Special Issue on Information Technology and Productivity Paradox), 183–200.
- Cato M.S., North P.** (2015). Rethinking the factors of production for a world of common ownership and sustainability: Europe and Latin America compared. *Review of Radical Political Economics*, 48, 1. DOI: 10.1177/0486613415586981
- Chang Y., Yang S.Q.** (2011). Literature review on endowments of factor of production. *Advanced Materials Research*, 347–353. W. Pan, J. Ren, Y. Li (Eds.), 2884–2888. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.347-353.2884
- Gentile B.** (2011). The new factors of production and the rise of data-driven applications. *Forbes*. October 31. Available at: <https://www.forbes.com/sites/ciocentral/2011/10/31/the-new-factors-of-production-and-the-rise-of-data-driven-applications/?sh=4a36c7dc17da>
- Papava V.** (2017). On production factors. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*, 11, 4, 145–149.
- Uzawa H.** (1962). Production functions with constant elasticities of substitution. *The Review of Economic Studies*, 29 (October), 91–99.
- Xu X.** (2021). Research prospect: Data factor of production. *Journal of Internet and Digital Economics*, 1, 1, 64–71. DOI: 10.1108/JIDE-09-2021-005
- Xu B., Chaudhry S., Li Ya.** (2009). Factors of production: Historical theories and new developments. *Systems Research and Behavioral Science*, 26, 2 (Special Issue: Systems Science and Enterprise Integration, Technological Economics and the Theory of Material Flow), 219–224.
- Zloty M.** (2019). Factors influencing the innovativeness of the global economy in the 21th century. In: *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio H Oeconomia*. DOI: 10.17951/h.2018.52.4.143-151

Скрыпник Д.В. Развитие экономического моделирования. Эконометрический аспект *Экономика и математические методы*, 2022, 58 (2), с. 32–42

Д.В. Скрыпник,
ЦЭМИ РАН, Москва; email: skrypnikdv@gmail.com

Автор выражает признательность анонимному рецензенту, чьи замечания позволили улучшить работу.

Аннотация. Рассмотрен опыт развития прикладного, преимущественно макроэкономического, моделирования. Проведено сопоставление так называемого неструктурного подхода — не являющегося строго обоснованным экономической теорией — со структурным подходом, где такое обоснование является основой. Показано, что достижения структурного и неструктурного моделирования во многом способствовали размыванию четкой грани между этими двумя направлениями. Анализ мирового опыта также позволяет сделать вывод, что бурное развитие неструктурного моделирования привело к появлению эффективных методов моделирования, демонстрирующих хорошие прогностические свойства, зачастую превосходящие качество структурных моделей. Кроме того, показано, что возникающие на определенном этапе развития неструктурного подхода трудности зачастую устранялись в рамках этого же подхода, но с появлением новых методов. Обосновано наличие тесной связи между структурным и неструктурным подходами; также обоснована необходимость гибридного подхода к моделированию реальных экономических систем и процессов, т.е. подхода, в рамках которого некоторые поведенческие механизмы и соответствующие им структурные параметры явно вводятся в модель, в то время как остальные элементы идентифицируются на основе методов неструктурного подхода.

Ключевые слова: структурные модели, неструктурные модели, критика Лукаса, кривая Филипса.

Классификация JEL: C0; C18; B40.

Для цитирования: **Скрыпник Д. В.** (2022). Развитие экономического моделирования. Эконометрический аспект // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 2. С. 32–42. DOI: 10.31857/S042473880020013-3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Андреев М.Ю., Вржещ В.П., Пильник Н.П., Поспелов И.Г., Хохлов М.А., Жукова А.А., Радионов С.А.** (2013). Модель межвременного равновесия экономики России, основанная на дезагрегировании макроэкономического баланса // *Труды семинара имени И.Г. Петровского*. Т. 29. С. 43–145.
- Петров А.А., Поспелов И.Г.** (2009). Математические модели экономики России // *Вестник РАН*. Т. 79. № 6. С. 492–506.
- Скрыпник Д.В.** (2016). Макроэкономическая модель российской экономики // *Экономика и математические методы*. Т. 52. № 3. С. 92–113.
- Battiston S., Gatti D., Gallegati M., Greenwald B., Stiglitz J.** (2012). Default cascades: When does risk diversification increase stability? *Journal of Financial Stability*, 8, 3, 138–149.
- Box G.E.P., Jenkins G.M.** (1970). *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day.
- Eitrheim Ø., Jansen E. S., Nymoen R.** (2005). *The econometrics of macroeconomic modelling*. Oxford: Oxford University Press.
- Eitrheim Ø., Jansen E., Nymoen R.** (2000) Progress from forecast failure — the Norwegian consumption function. *The Econometrics Journal*, 5, 1, 40–64.
- Engle R.F., Granger C.W.J.** (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 55, 2, 251–276.
- Estrella A., Fuhrer J.C.** (1999). Are “deep” parameters stable? *The Lucas critique as an empirical hypothesis*. Boston: Federal Reserve Bank of Boston, 99.
- Haavelmo T.** (1944). The probability approach in econometrics. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 12, Supplement (July, 1944), iii–vi+1–115.
- Kydland F.E., Prescott E.C.** (1982). Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 50, 6, 1345–1370.
- Lucas R.E.** (1972). Expectations and the neutrality of money. *Journal of Economic Theory*, 4, 2, 103–124.
- Lucas R.E.** (1976). Econometric policy evaluation: A critique. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1, 19–46.
- Marcellino M., Salmon M.** (2002). Robust decision theory and the Lucas critique. *Macroeconomic Dynamics*, 6, 01, 167–185.
- Muth J.F.** (1961). Rational expectations and the theory of price movements. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 29, 3, 315–335.
- Philips A.W.** (1958). The relation between unemployment and the Rate of change of money wage rates in the United Kingdom, 1861–1957. *Economica. New Series*, 25, 100, 284–295. DOI: 10.2307/2550759. Available at: <https://www.jstor.org/stable/2550759>
- Sargan J.D.** (1964). Wages and prices in the United Kingdom: A study in econometric methodology. *Econometric Analysis for National Economic Planning*, 16, 25–54.
- Sargent T.J., Sims C.A.** (1977). Business cycle modeling without pretending to have too much a priori economic theory. *New Methods in Business Cycle Research*, 1, 145–168.
- Sims C.A.** (1980). Macroeconomics and reality. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 48, 1, 1–48.
- Sims C.A.** (1981). An autoregressive index model for the US 1948–1975. *Large-Scale Macro-Econometric Models: Theory and Practice*. North-Holland Pub. Co.

- Stock J.H.** (1988). A reexamination of Friedman's consumption puzzle. *Journal of Business & Economic Statistics*, 6, 4, 401–407.
- Tinbergen J.** (1937). *An econometric approach to business cycle problems*. Paris: Hermann & Cie.

Чанлинь Юй. **Обзор подходов к трактовке «проблемы Джозефа Нидхэма»** *Экономика и математические методы*, 2022, 58 (2), с. 43–53

Юй Чанлинь,

РЭУ им. Плеханова, Москва, e-mail: zjuycl@163.com

Аннотация. Развитие науки и технологические нововведения являются важными факторами экономического процветания любой страны. После многих веков опережающего научного и технологического развития Китай в течение нескольких столетий явно отставал от европейских стран как в области фундаментальных научных исследований, так и в сфере технологических инноваций. В статье систематизируются и анализируются точки зрения ученых разных стран, изучавших так называемую «проблему Джозефа Нидхэма», которая формулируется в виде двух взаимосвязанных вопросов: «Почему китайская цивилизация была успешнее западной в приобретении естественных знаний и применении их для нужд человеческой практики с I до XV в. нашей эры?» и «Почему, начиная с XVI в., наука развивалась в европейской, а не в китайской (или индийской) цивилизациях?». На основании проведенного исследования делается вывод о том, что объяснения данного феномена, которые дают китайские и зарубежные ученые, можно с некоторой степенью условности разделить на три блока: ментальные особенности китайского общества (органическое понимание природы, чрезмерное уважение к традициям, философия духовности в сочетании с прикладным прагматизмом, презрение к физическому труду), природно-климатические факторы (большая территория, благоприятный климат, слабо развитая транспортная инфраструктура) и институциональная структура (жесткая сословно-бюрократическая система с четко выстроенными социальными лифтами, система имперских экзаменов, академическая стагнация).

Ключевые слова: проблема Джозефа Нидхэма, китайская экономика, китайская цивилизация, наука, технологии, ментальные модели, институциональная структура, природно-климатические факторы экономического развития.

Классификация JEL: A14, O11, O43, P48.

Для цитирования: **Чанлинь Юй** (2022). Обзор подходов к трактовке «проблемы Джозефа Нидхэма» // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 2. С. 43—53. DOI:10.31857/S042473880018316-6

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Адизес И.** (2007). *Управление жизненным циклом корпорации*. СПб: ПИТЕР.
- Валлерстайн И.** (2001). *Анализ мировых систем и ситуация в современном мире*. СПб.: Университетская книга.
- Castells M.** (2010). *The information age: Economy, society, and culture*. Vol. 1: The rise of the network society. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Chen L.** (2002). A psychological analysis of the reasons for the underdevelopment of science in our country. In: D. Liu, Y. Wang. *Chinese science & scientific revolution. Selected works on Needham problem and related issues*. Shenyang: Liaoning Education Press, 281–296.

- Chen P.** (2000). *Divide of civilizations, economic chaos and evolutionary economics*. Beijing: Economic Science Press.
- Einstein A.** (2017). The letter to J.E. Switzer. In: L. Xu, B. Li, Z. Zhao, B. Fan. *Einstein Collection*. Beijing: The Commercial Press. 772 p.
- Feng Y.** (2008). *Collected works of Feng Youlan*. Part 10. Changchun: Changchun Press.
- Graham A.** (1971). China, Europe, and the origins of modern science: Needham's the grand titration. *Asia Major*, 16, 265–303.
- Liang Q.** (2016). *Nearly 300 years of Chinese academic history*. Beijing: China Culture and History Press.
- Liang S.** (2002). *Eastern and Western culture and philosophy*. Beijing: The Commercial Press.
- Lin Y.** (2007). Needham problem, Weber's question, and China's miracle. *Journal of Peking University (Philosophy and Social Sciences)*, 4, 44, 5–22.
- Needham J.** (1986). Science and society in East and West. In: J. Pan. *Needham Collection*. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press, 65–85.
- Nie J.** (2008). An Economic Solution to the Needham Problem. *Inner Mongolia Science Technology & Economy*, 8, 162, 315–316.
- Parrenin D.** (1995). Letters from Parrenin to Mairan — containing various questions on China. In: J. Zhu. *Foreign priests look at China*. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 163–168.
- Qian M.** (2017). *Introduction to Chinese cultural history*. Zhengzhou: Henan People's Press.
- Qian Z.** (1998). A new explanation of “Needham Problem”. *Dialectics of Nature*, 3, 14, 55–59.
- Ricci M., Trigault N.** (2017). *Matteo Ricci's notes on China*. Part 1. Beijing: The Commercial Press.
- Shi X.** (2010). North's explanation of “Needham Problem”: An analysis framework based on property rights. *Tribune of Social Sciences*, 7, 46–50.
- Sivin N.** (1982). Why the scientific revolution did not take place in China — or didn't it? *Chinese Science*, 5, 45–65.
- Wang Q.** (2000). Retrospect and prospect of Needham research. In: *Needham Documentation Center “Needham Research”*. Shanghai: Shanghai Popular Science Press, 196–222.
- Wang R.** (2001). Needham problem — new solutions to mathematical problems. *Journal of BUPT (Social Sciences Edition)*, 3, 4, 10–14.
- Wittfogel K.** (2002). Why China didn't produce natural science. In: D. Liu, Y. Wang. *Chinese science & scientific revolution. Selected works on Needham problem and related issues*. Shenyang: Liaoning Education Press, 36–45.
- Xing Z.** (2004). From Einstein's thesis to Needham problem. Theoretical thinking from the angle of scientific formation. *Journal of SJTU (Philosophy and Social Sciences)*, 12, 36, 31–36.
- Xu M.** (2002). China and modern science. In: D. Liu, Y. Wang. *Chinese science & scientific revolution. Selected works on Needham problem and related issues*. Shenyang: Liaoning Education Press, 63–66.
- Zhang B., Xu F.** (1993). The logical contradiction and scientific value of the Needham problem. *Journal of Dialectics of Nature*, 15, 88, 3544, 80.

Народнохозяйственные проблемы

Монгуш Б.С., Богданов А.И., Чупикова С.А. **Логистический подход к организации этноэкономических промышленных кластеров (на примере Республики Тыва)** *Экономика и математические методы*, 2022, 58 (2), с. 54–63

Б.С. Монгуш,

ФГБУН «Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов Сибирского отделения РАН», Кызыл; e-mail: bbb16@mail.ru

А.И. Богданов,

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Санкт-Петербург; e-mail: abogd1@rambler.ru

С.А. Чупикова,

Аннотация. Исторически сложившейся отраслью экономики Республики Тыва (РТ), определенной на основе географического расположения, природно-климатических условий и многовекового опыта коренного населения, является мясо-шерстное скотоводство. Этноэкономический уклад хозяйствования тувинцев и государственная поддержка населения в виде губернаторских проектов Правительства РТ «Дук», «Кеш» и др. создают предпосылки развития в регионе промышленных кластеров этнической направленности. Для повышения конкурентоспособности и развития промышленности в целом целесообразна организация на территории региона центров промышленных кластеров — предприятий глубокой переработки сырья, производимой традиционными этническими хозяйствами. Целью данной работы является решение задачи нахождения оптимальных географических координат точек расположения производственных объектов сбора и переработки сельскохозяйственного сырья относительно поставщиков, в которых транспортные издержки минимизируются. Предложена реализация математической модели оптимальной организации экономического пространства региона на основе развития системы традиционного производства. Для решения задачи использован аппарат кластерного анализа и логистический подход к формированию производственно-распределительной сети с учетом имеющейся транспортной инфраструктуры. Расчеты приводятся на примере организации и развития кластера легкой промышленности Республики Тыва на основе традиционного хозяйствования региона — животноводства, а именно овцеводства.

Ключевые слова: этноэкономика, переработка сельскохозяйственного сырья, развитие промышленности, математическая модель, оптимизация, этнокластер, транспортно-складская задача.

Классификация JEL: С6, R3.

Для цитирования: **Монгуш Б.С., Богданов А.И., Чупикова С.А.** (2022). Логистический подход к организации этноэкономических промышленных кластеров (на примере Республики Тыва) // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 2. С. 54–63. DOI: 10.31857/S042473880019186-3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алейников Б.И.** (1966). Задача оптимального размещения производства продукции одного типа // *Экономика и математические методы*. Вып. 2. Т. 2. С. 272–282.
- Алибеков Б.И.** (1975). О задаче на размещение с ограниченными мощностями // *Экономика и математические методы*. Т. 11. Вып. 3. С. 534–541.
- Ахметов В.Я., Бердникова Г.И., Салихова З.М.** (2012). Этноэкономика и ее роль в устойчивом развитии сельских территорий России // *Экономика сельского хозяйства России*. № 2. С. 78–86.
- Баисов И.М., Никитина Л.Н., Богданов А.И.** (2017). Оптимизация места размещения склада торгового предприятия // *Вестник СПГУТД. Серия 1. Естественные и технические науки*. № 2. С. 91–93.
- Богданов А.И., Монгуш Б.С.** (2018). Оптимизация места расположения складов с помощью кластерного анализа // *Вестник СПГУТД. Серия 1. Естественные и технические науки*. № 4. С. 19–23.
- Богданов А.И., Монгуш Б.С.** (2019). Математические модели оптимизации производственно-транспортно-складских процессов // *Вестник СПГУТД. Серия 1. Естественные и технические науки*. № 1. С. 16–20.
- Бочкарев А.А.** (2009). Теория и методология процессного подхода к моделированию и интегрированному планированию цепи поставок: автореф. ... дис. д.э.н. СПб. 39 с.
- Гранберг А.Г.** (1970). Многоотраслевая модель оптимального развития и размещения производства в планово-экономических расчетах // *Экономика и математические методы*. Т. 6. Вып. 3. С. 393–406.

- Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н.** (2014). Логистика. Интеграция и оптимизация логистических бизнес-процессов в цепях поставок. Учебник МВА. В.И. Сергеев (ред.). М.: Эксмо.
- Клочко Е.Н., Кобозева Е.М.** (2017). Этноэкономика региона: потенциал, функции, барьеры развития // *Бизнес. Образование. Право.* № 4. С. 38–42.
- Модели и методы теории логистики (2012). Лукинский В.С. (ред.). Санкт-Петербург: Питер.
- Монгуш Б.С.** (2019). Проблемы решения интегрированных транспортно-складских задач. В сб.: Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: материалы III Международной научно-практической конференции (23–25 октября 2019 г.). Кызыл: ТуВИКОПР СО РАН. С. 369–372.
- Проценко О.Д., Проценко И.О.** (2012). Логистика и управление цепями поставок — взгляд в будущее: макроэкономический аспект. М.: Дело.
- Сергеев В.И.** (2019). Логистика и управление цепями поставок: профессия XXI века. Аналитический обзор. Москва: Издательский дом Высшей школы экономики.
- СЕРТ (2020). Статистический ежегодник Республики Тыва. 2020 г. Статистический сборник. Кызыл: Красноярскстат. [Statistical Yearbook of the Tyva Republic. 2020. (2020). Statistical collection. Kyzyl: Krasnoyarskstat. (in Russian).]
- Социально-экономические показатели городских округов и муниципальных образований Республики Тыва. 2020 г. (2020). Статистический сборник. Кызыл: Красноярскстат. [Socio-economic indicators of urban districts and municipalities of the Tyva Republic. 2020. (2020). Statistical collection. Kyzyl: Krasnoyarskstat. (in Russian).]
- Социально-экономические показатели городских округов и муниципальных образований Республики Тыва. 2021 г. (2021). Статистический сборник. Кызыл: Красноярскстат. [Socio-economic indicators of urban districts and municipalities of the Tyva Republic. 2021. (2021). Statistical collection. Kyzyl: Krasnoyarskstat. (in Russian).]
- Хачатуров В.Р.** (1967). Алгоритмы и программы решения задач размещения предприятий с неограниченными объемами производства // *Экономика и математические методы.* Т. 3. Вып. 2. С. 240–251.
- Shapiro J.F.** (2006). *Modeling the supply chain.* Boston: Cengage Learning.

Математический анализ экономических моделей

Машкова А.Л., Дукхи Н., Каур Р., Неволин И.В. **Прогнозирование динамики распространения анемии в регионах России на базе агент-ориентированной модели** *Экономика и математические методы*, 2022, 58 (2), с. 64–79

А.Л. Машкова,

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орел; ЦЭМИ РАН, Москва;
e-mail: aleks.savina@gmail.com

Н. Дукхи,

Совет по исследованиям в области гуманитарных наук, ЮАР; e-mail:
doctordukhi@gmail.com

Р. Каур,

Центральная организация по научным приборам, Академия научных и инновационных исследований, Индия; e-mail: kaur@list.ru

И.В. Неволин,

ЦЭМИ РАН, Москва; e-mail: jolutre@mail.ru

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Департамента Министерства науки и технологий Индии и Национального исследовательского фонда ЮАР (проект 19-57-80003).

Аннотация. В статье раскрываются вопросы разработки агент-ориентированной модели динамики распространения анемии в России. Представлена структура, которая включает

агентов-жителей, производителей продуктов питания и торговых агентов. Для каждого действующего субъекта в модели разработаны алгоритмы, определяющие их взаимодействия друг с другом. Для производителей продуктов питания моделируются их закупки, продажи, производственный процесс и динамика инвестиций в основные средства. Для торговых агентов — формирование ассортимента и цены продукции с учетом транспортных и торговых наценок, а для домохозяйств — питание исходя из их доходов, состава и привычек. В зависимости от качества получаемого питания и текущей стадии анемии моделируется ожидаемая динамика заболевания. В статье рассмотрены вопросы программной реализации и информационного наполнения модели, представлен пользовательский интерфейс. Формализованы четыре сценария динамики социально-экономической среды модели, учитывающие эпидемиологические и внешнеэкономические риски, в том числе сценарий «торговая война», учитывающий повышенные инфляционные риски в отношении продуктов питания. Проведена серия расчетов для прогнозирования динамики распространения анемии в условиях разработанных сценариев. Предложена программа субсидирования малообеспеченных семей и исследовано ее влияние на доступность сбалансированного питания и заболеваемость анемией среди жителей России. Проведенные расчеты показывают, что при отсутствии специальных мер поддержки сбалансированный рацион питания становится доступен меньшему количеству жителей (65% по сравнению с 78% в 2019 г.) в условиях наиболее вероятного на данный момент сценария «торговая война». При этом общая сумма субсидий, требуемых для обеспечения малообеспеченных семей качественным питанием, варьируется от 300 млрд до 1 трлн руб. в год в зависимости от размеров выделяемых пособий.

Ключевые слова: агентное моделирование, анемия, питание, рекомендуемая норма потребления.

Классификация JEL: I15.

Для цитирования: **Машкова А.Л., Дукхи Н., Каур Р., Неволин И.В.** (2022). Прогнозирование динамики распространения анемии в регионах России на базе агент-ориентированной модели // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 2. С. 64–79. DOI: 10.31857/S042473880018351-5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Машкова А.Л., Дукхи Н., Неволин И.В., Савина О.А.** (2021). Прогнозная оценка доступности сбалансированного рациона питания для жителей регионов России: агент-ориентированный подход // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. Т. 14. № 6. С. 107–125. DOI: 10.15838/esc.2021.6.78.6
- Новикова Е.В., Савина О.А., Машкова А.Л., Маматов А.В.** (2019). Воспроизведение динамики населения регионов России методом агентного моделирования // *Информационные системы и технологии*, 2, 48–55.
- Barbrook-Johnson P., Badham J., Gilbert N.** (2016). Uses of agent-based modeling for health communication: The TELL ME case study. *Health Communication*, 1–6. DOI: 10.1080/10410236.2016.1196414
- DeMaeyer E.M., Dallman P., Gurney J.M., Hallberg L., Sood S.K., Srikantia S.G.** (1989). *Preventing and controlling iron deficiency anaemia through primary health care*. Geneva, World Health Organization. Available at: http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/anaemia_iron_deficiency/9241542497/en/index.html
- Epstein J.M.** (2009). Modelling to contain pandemics. *Nature*, 460 (7256), 687. DOI: 10.1038/460687
- Glanz K., Sallis J.F., Saelens B.E., Frank L.D.** (2005). Healthy nutrition environments: Concepts and measures. *Am. J. Health Promot.*, 19 (5), 330–333. DOI: 10.4278/0890-1171-19.5.330
- Lamjed B.S., Drogoul A., Bouron T.** (2001). Multi-agent based simulation of consumer behaviour: Towards a new marketing approach. *Proceedings of the International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM)*. Canberra, Australia.
- Li Y., Zhang D., Pagán J.A.** (2016). Social norms and the consumption of fruits and vegetables across New York City neighborhoods. *Journal of Urban Health*, 93, 244–255.
- Mashkova A.L.** (2021). Processing initial data for the agent-based model of the Russian Federation spatial development. In: S.L. Peng, M. Favorskaya, H.C. Chao (Eds.). *Sensor networks and signal processing. Smart Innovation, Systems and Technologies*, 176. DOI: 10.1007/978-981-15-4917-

- Rose D., Richards R.** (2004). Food store access and household fruit and vegetable use among participants in the US Food Stamp Program. *Public Health Nutr.*, 7 (08), 1081–1088. DOI: 10.1079/PHN2004648
- Thejpal R.** (2015). Iron deficiency in children. *S. Afr. Med. J.*, 105 (7), 607. DOI: 10.7196/SAMJnew.7781
- Tracy M., Cerdá M., Keyes K.M.** (2018). Agent-based modeling in public health: Current applications and future directions. *Annual Review of Public Health.*, 39, 77–94.
- World Health Organization and Centers for Disease Control and Prevention (WHO/CDC). Worldwide prevalence of anaemia 1993–2005. WHO Global database on anaemia. 2008. Available at: http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9789241596657_eng.pdf

Кораблев Ю.А. **Определение параметров процесса образования редких событий в экономике для их последующего прогнозирования** *Экономика и математические методы*, 2022, 58 (2), с. 80–91

Ю.А. Кораблев,

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет),
Москва; e-mail: yura-korablyov@yandex.ru

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 19-010-00154).

Аннотация. В статье представлен метод определения неизвестных параметров процесса, формирующего редкие события в экономике. Редкие события рассматриваются не со статистической точки зрения, а с точки зрения процессов, которые образуют эти события. Причем процесс образования редких событий может быть задан произвольным алгоритмом. Такой процесс также будет использовать неизвестные параметры, которые могут быть не только статическими, но и динамическими. Например, если рассматривать процесс потребления, в результате которого образуются дискретные покупки неподконтрольными нам покупателями, то такими параметрами могут быть максимальный запас и динамически изменяющаяся скорость потребления. В общем виде процесс может быть произвольным и его могут описывать различные параметры. Задача состоит в нахождении этих неизвестных параметров процесса, ориентируясь только на выборку редких событий. Идея метода — минимизация функции потерь, которая определяется на основе различий между событиями, образованными в результате функционирования модели процесса, и событиями из исходной выборки наблюдений. Каждое событие, помимо времени появления, характеризуется еще и дополнительной информацией, например объемом покупки. Необходимо найти такие значения параметров процесса, которые позволяли бы получить очень похожую выборку событий. Динамические параметры процесса задаются в виде кубических сплайнов особой структуры. Для однозначного описания каждого динамического параметра в целевую функцию вносится штраф за чрезмерную гладкость (шероховатость) соответствующих сплайнов. Приведен пример процесса и структура его параметров, подлежащая определению. Оптимизация происходит численными методами, за основу берется алгоритм Нелдера–Мида, который запускается на сетке, чтобы найти глобальный оптимум. Параметры процесса определяются по шагам, в начале только чтобы получить несколько событий, необходимых для продолжения расчетов, потом получаем следующую группу событий и т.д., это позволяет большую оптимизационную задачу разбить на последовательность простых задач, что существенно снижает общую трудоемкость. Описано предположение, которое должно соблюдаться, чтобы такой прием был справедлив. Рассмотрен пример выявления неизвестных параметров на примере

процесса потребления. Определив параметры процесса, можно переходить к экстраполяции и осуществлять прогноз будущих событий.

Ключевые слова: редкие события, процесс образования событий, определение параметров процесса, прогнозирование событий, имитационное моделирование, оптимизация, алгоритм Нелдера–Мида.

Классификация JEL: C1, C15, C4, C5, C53.

Для цитирования: **Кораблев Ю.А.** (2022). Определение параметров процесса образования редких событий в экономике для их последующего прогнозирования // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 2. С. 80–91. DOI: 10.31857/S042473880020016-6

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кораблев Ю.А.** (2020). Метод восстановления функции по интегралам для анализа и прогнозирования редких событий в экономике // *Экономика и математические методы*. М.: ЦЭМИ РАН. Т. 56. № 3. С. 113–124. DOI: 10.31857/S042473880010485-2
- Кораблев Ю.А., Голованова П.С., Кострица Т.А.** (2020). Емкостный метод анализа редких событий в сфере услуг // *Экономическая наука современной России*, 90, 3, 132–142. DOI: 10.33293/1609-1442-2020-3(90)-132-142.
- Саймон Д.** (2020). Алгоритмы эволюционной оптимизации. Биологически обусловленные и популяционно-ориентированные подходы к компьютерному интеллекту. Пер. с англ. А.В. Логунова. М.: ДМК Пресс. 1002 с.
- Carreno A., Inza I., Lozano J.** (2020). Analyzing rare event, anomaly, novelty and outlier detection terms under the supervised classification framework. *Artificial Intelligence Review*, 53, 3575–3594. DOI:10.1007/s10462-019-09771-y
- Goldberg D.E.** (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Boston: Addison-Wesley. 432 p.
- Halim S.Z., Quaddus N., Pasman H.** (2021). Time-trend analysis of offshore fire incidents using nonhomogeneous Poisson process through Bayesian inference. *Process Safety and Environmental Protection*, 147, 421–429. DOI:10.1016/J.PSEP.2020.09.049
- Kaya G.O., Sahin M., Demirel O.F.** (2020). Intermittent demand forecasting: A guideline for method selection. *Sadhana — Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 45, 1, 45–51. DOI: 10.1007/s12046-020-1285-8
- Korablev Yu. A.** (2022). Restoration of function by integrals with cubic integral smoothing spline in R. *ACM Transactions on Mathematical Software*. (In print). DOI: 10.1145/3519384
- Laguna M., Marti R.** (2006). Scatter Search. In: *Metaheuristic procedures for training neural networks*, p. 139–152. DOI: 10.1007/0-387-33416-5_7
- Nelder J.A., Mead R.** (1965). A simplex method for function minimization. *The Computer Journal*, 7, 308–313. DOI: 10.1093/comjnl/7.4.308
- Pince C., Turrini L., Meissner J.** (2021). Intermittent demand forecasting for spare parts: A critical review. *Omega*, 105, 102513. DOI:10.1016/j.omega.2021.102513
- Willemain T.R., Smart Charles N., Schwarz Henry F.** (2004). A new approach to forecasting intermittent demand for service parts inventories. *International Journal of Forecasting*, 20, 3, 375–387. DOI: 10.1016/S0169-2070(03)00013-X
- Willemain T.R., Park D.S., Kim Y.B., Shin K.I.** (2001). Simulation output analysis using the threshold bootstrap. *European Journal of Operational Research*, 134, 1, 17–28. DOI: 10.1016/S0377-2217(00)00209-5

Karmalita V.A. **Predicting the trajectory of economic cycles** (Кармалита В.А. **Прогнозирование траектории экономических циклов**) *Экономика и математические методы*, 2022, 58 (2), с. 92–96

В.А. Кармалита, *частный консультант, Канада; e-mail: karmalita@videotron.ca*

Аннотация. Статья посвящена разработке метода прогноза траектории псевдостационарного фрагмента экономического цикла, представленного дискретными отсчётами случайных колебаний функции доходов. Статистическая эквивалентность последних процессу авторегрессии второго порядка (ряд Юла) обусловила применение модели этого ряда для прогноза траектории цикла. Реализация этой процедуры осуществляется методом статистических испытаний (Монте-Карло) с целью формирования наиболее вероятной траектории цикла. Определены как формальные параметры этих испытаний, так и содержание последующего статистического анализа результатов моделирования. Представленный в работе подход иллюстрируется примером определения момента наступления прогнозируемого пикового значения цикла. Разработанный метод применим в макроэкономических и эконометрических задачах, требующих знания прогнозируемой траектории рассматриваемого цикла.

Ключевые слова: экономический цикл, случайные колебания, ряд Юла, оценки максимального правдоподобия, псевдостационарность, траектория цикла.

Классификация JEL: C02, C15, C22.

Для цитирования: **Karmalita V.A.** (2022). Predicting the trajectory of economic cycles // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 2. С. 92–96. DOI: 10.31857/S042473880020017-7

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Bolotin V.V.** (1984). *Random vibrations of elastic systems*. Heidelberg: Springer. 468 p.
- 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.
- Brandt S.** (2014). *Data analysis: Statistical and computational methods for scientists and engineers*. 4th ed. Cham, Switzerland: Springer. 523 p.
- Karmalita V.** (2020). *Stochastic dynamics of economic cycles*. Berlin: De Gruyter. 106 p.
- Mazhdraikov M., Benov D., Valkanov N.** (2018). *The Monte Carlo method: Engineering applications*. Cambridge: ACMO Academic Press. 250 p.
- Zacks S.** (1981). *Parametric statistical inference: Basic theory and modern approaches*. New York: Pergamon. 404 p.

Лесик И.А., Перевозчиков А.Г. **Статическая модель рынка разработки программного обеспечения на основе транспортной задачи с нефиксированными добавками по времени** *Экономика и математические методы*, 2022, 58 (2), с. 97–111

И.А. Лесик,

НПО «РусБИТех», Москва; e-mail: lesik56@mail.ru

А.Г. Перевозчиков,

НПО «РусБИТех», Москва; e-mail: pere501@yandex.ru

Аннотация. Предлагается постановка дискретно-непрерывной статической модели рынка разработок программного обеспечения на базе транспортной задачи (ТЗ) с нефиксированными добавками (НД) по времени. В отличие от существующей ТЗ с фиксированными доплатами (ФД) по стоимости предлагается минимаксная постановка ТЗ с временами, которые могут содержать часть, пропорциональную объемам назначений.

Таким образом, это гибридная постановка ТЗ с ФД по стоимости и классической ТЗ по времени. Такие задачи возникают при ограниченности суммарного объема транспортных средств на каждом маршруте, которые приходится использовать многократно, плюс фиксированная добавка, возникающая с учетом задержки принятия логистических решений. Показано, что такая задача может быть аппроксимирована сверху классической ТЗ по времени, которую можно получить и по схеме, использованной М.Л. Балински. Приводится точный алгоритм метода ветвей и границ, основанный на геометрической интерпретации задачи, распадающейся на подзадачи на непустых гранях многогранного множества допустимых решений, являющиеся задачами выпуклого программирования, которые можно численно решить субградиентным методом, описанным Б.Т. Поляком. К таким же задачам сводится вычисление нижних оценок критерия. Показано, что функция наилучших значений критерия на гранях не является суб- или супермодулярной, как функция подмножества пар индексов, советуемых положительным значениям объемов перевозки, что делает невозможным применение методов супермодулярного программирования. В статье рассматривается ε -оптимальная полиномиальная версия метода ветвей и границ, полученная по аналогии с решением многомерной задачи о назначениях, и дан числовой пример ее использования. Приводится интерпретация ТЗ с НДС как обобщенной задачи о назначении с нефиксированными скидками по цене, учитывающими разницу между оптовой и розничной ценой. Описывается применение ТЗНД для построения цифровых платформ на рынке разработки программного обеспечения для загрузки заданий исполнителям.

Ключевые слова: транспортная задача с нефиксированными добавками по времени, аппроксимация классической транспортной задачей, геометрическая интерпретация, метод ветвей и границ, нижние оценки критерия, ε -оптимальная версия метода ветвей и границ.

Классификация JEL: O12, C51.

Для цитирования: **Лесик И. А., Перевозчиков А. Г. (2022).** Статическая модель рынка разработки программного обеспечения на основе транспортной задачи с нефиксированными добавками по времени // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 2. С. 97–111. DOI: 10.31857/S042473880019969-4

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Васин А.А., Григорьева О.М., Лесик И.А. (2017).** Синтез транспортной системы многоузлового конкурентного рынка с переменным спросом // *Прикладная математика и информатика*. Труды факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова. Под ред. В.И. Дмитриева. № 55. М.: МАКС Пресс. С. 74–90.
- Васин А.А., Григорьева О.М., Лесик И.А. (2018).** Задача оптимизации транспортной системы энергетического рынка. В сб.: «IX Московская международная конференция по исследованию операций (ORM2018). Труды». А.А. Васин, А.Ф. Измаилов (отв. ред.). С. 247–251.
- Васин А.А., Григорьева О.М., Цыганов Н.И. (2017).** Оптимизация транспортной системы энергетического рынка // *Доклады Академии наук*. Т. 475. № 4. С. 377–381.
- Васин А.А., Морозов В.В. (2005).** Теория игр и модели математической экономики. М.: МАКС Пресс.
- Корбут А.А., Финкильштейн Ю.Ю. (1969).** Дискретное программирование. Д.Б. Юдин (ред.). М.: Наука.
- Макаров В.Л., Рубинов Ф.М. (1973).** Математическая теория экономической динамики и равновесия. М.: Наука.
- Мезоэкономика развития (2011). Г.Б. Клейнер (ред.). М.: Наука.
- Перевозчиков А.Г., Лесик И.А. (2014).** Нестационарная модель инвестиций в основные средства предприятия // *Прикладная математика и информатика*. Труды факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова. В.И. Дмитриев (ред.). М.: МАКС Пресс. № 46. С. 76–88.

- Перевозчиков А.Г., Лесик И.А.** (2016). Определение оптимальных объемов производства и цен реализации в линейной модели многопродуктовой монополии // *Экономика и математические методы*. Т. 52. № 1. С.140–148.
- Перевозчиков А.Г., Лесик И.А.** (2020). Динамическая модель инвестиций в научные исследования олигополии // *Экономика и математические методы*. Т. 56. № 2. С. 102–114.
- Перевозчиков А.Г., Лесик И.А.** (2021). Динамическая модель разработки программного обеспечения на основе задачи о назначении на узкие места // *Экономика и математические методы*. Т. 56. № 4. С. 102–114.
- Поляк Б.Т.** (1983). Введение в оптимизацию. М.: Наука.
- Сергиенко А.М., Симоненко В.П., Симоненко А.В.** (2016). Улучшенный алгоритм назначения для планировщиков заданий в неоднородных распределительных вычислительных системах // *Системні дослідження та інформаційні технології*. № 2. С. 20–35.
- Сухарев А.Г., Тимохов, В.В., Федоров В.В.** (1986). Курс методов оптимизации. М.: Наука.
- Устюжанина Е.В., Дементьев В.Е., Евсюков С.Г.** (2021). Трансакционные цифровые платформы: задача обеспечения эффективности // *Экономика и математические методы*. Т. 57. № 1. С. 5–18.
- Федоров В.В.** (1979). Численные методы максимина. М.: Наука.
- Финкильштейн Ю.Ю.** (1976). Приближенные методы и прикладные задачи дискретного программирования. М.: Наука.
- Форд Л., Фалкерсон Д.** (1966). Поток в сетях. М.: Мир.
- Хачатуров В.Р., Хачатуров Р.В., Хачатуров Р.В.** (2012). Оптимизация супермодулярных функций (супермодулярное программирование) // *Журнал вычислительной математики и математической физики*. Т. 52. № 6. С. 999–1000.
- Balinski M.L.** (1961). Fixed-cost transportation problems. *Naval Res. Log. Quart.*, 8, 1, 41–54.
- Debreu G.** (1954). Valuation equilibrium and Pareto optimum. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 40, 588–592.
- Ding X., Wang K., Gibbons P.B., Zhang X.** (2012). BWS: Balanced work stealing for time-sharing multicores. *Proceedings of the 7-th ACM European Conference on Computer Systems*. EuroSys, 12. New York, 365–378.

Методы оптимизации

Смоляк С.А. Доходный подход к задачам оптимизации ремонтной политики // *Экономика и математические методы*, 2022, 58 (2), с. 112–124

С.А. Смоляк,

ЦЭМИ РАН, Москва; e-mail: smolyak1@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена применению методов стоимостной оценки к задачам теории надежности — назначению сроков службы и сроков превентивного ремонта деградирующим объектам, подвергающимся отказам. В работах по надежности изменения характеристик объекта после ремонта описываются моделями Кидзимы и их модификациями, в которых состояние объекта характеризуется виртуальным/эффективным возрастом. Аналогичный показатель давно уже широко используется и в оценочной деятельности. Между тем, оказывается, что показатели такого типа не позволяют адекватно описать состояния деградирующих ремонтируемых объектов. Предлагается описывать их состояние двумя показателями — возрастом (наработкой) в начале текущего межремонтного цикла и временем работы в этом цикле. В сочетании с идеями Кидзимы это позволяет предложить более адекватную модель изменения характеристик объекта после ремонта. Для назначения сроков службы и сроков превентивного ремонта необходим обоснованный критерий оптимальности. Показано, что обычно принимаемый критерий минимума ожидаемых затрат на обслуживание и ремонт за единицу времени не отвечает интересам предприятий–участников рынка. Предлагается

использовать доходный подход к стоимостной оценке, ориентированный на максимизацию стоимости предприятия (в простейшем случае такой подход приводит к критерию ожидаемых удельных дисконтированных затрат). Это дает возможность оценить необходимую для расчетов рыночную стоимость выполняемых объектом работ, причем соответствующий метод оценки может быть отнесен к затратному подходу. Построены и проанализированы соответствующие модели, приведен алгоритм их решения и численный пример, демонстрирующий нерациональность обычно используемых ремонтных политик.

Ключевые слова : срок службы, ремонтная политика, критерий оптимизации, деградация, модели Кидзимы, стоимостная оценка, доходный подход.

Классификация JEL : D21, D25, D46, D81.

Для цитирования : **Смоляк С. А.** (2022). Доходный подход к задачам оптимизации ремонтной политики // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 2. С. 112–124. DOI : 10.31857/S042473880019997-5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антонов А.В., Пляскин А.В., Татаев Х.Н.** (2013). К вопросу расчета надежности резервированных структур с учетом старения элементов // *Надежность*. № 1. С. 55–67. DOI : 10.21683/1729-2646-2013-0-1-55-67.
- Антонов А.В., Поляков А.А., Чепурко В.А.** (2011). Модель анализа надежности объектов с неполным восстановлением // *Надежность*. № 3 (38). С. 33–41.
- Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.** (2015). Оценка эффективности инвестиционных проектов : теория и практика. Учебное пособие. Изд. 5е. М. : ПолиПринтСервис. 1300 с.
- Лившиц В.Н., Смоляк С.А.** (1971). Сроки службы основных фондов в оптимальном плане. В кн. : Первая конференция по оптимальному планированию и управлению народным хозяйством. Тезисы докладов. Секция 1. Вып. 1. М. : ЦЭМИ РАН. С. 352–357.
- Лившиц В.Н., Смоляк С.А.** (1972). Экономико-математические модели локальной оптимизации. В кн. : Труды четвертой школы по математическому программированию и смежным вопросам. Вып. IV. М. : ЦЭМИ РАН. С. 179–213.
- Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (2 редакция) (2000). М. : Экономика. 421 с.
- Микерин Г.И., Смоляк С.А.** (2010). Оценка эффективности инвестиционных проектов и стоимостная оценка имущества : возможности конвергенции. М. : ЦЭМИ РАН. 120 с.
- Смоляк С.А.** (1988). Оптимизация управления развитием многономенклатурных производств. Дис... докт. Экон. Наук : 08.00.13. М. : ЦЭМИ РАН.
- Смоляк С.А.** (2013). Оценка рыночной стоимости машин с учетом устранимого и неустраанимого износа // *Экономика и математические методы*. Т. 49. Вып. 1. С. 54–72.
- Смоляк С.А.** (2014). Оптимизация ремонтной политики и оценка стоимости машин с учетом их надежности // *Журнал Новой экономической ассоциации*. Т. 2 (22). С. 102–131.
- Смоляк С.А.** (2016). Стоимостная оценка машин и оборудования (секреты метода ДДП). М. : Опцион.
- Смоляк С.А.** (2018). О затратном подходе к оценке машин и оборудования // *Вестник ЦЭМИ РАН*. Вып. 1. DOI : 10.18254/S0000090-2-1
- Смоляк С.А.** (2019). Оптимизация количества и периодичности ремонтов // *Экономическая наука современной России*. № 2. С. 84–103.
- Федотова М.А.** (ред.). (2018). Оценка машин и оборудования. Учебник. Изд. 2-е. М.: ИНФРА-М. 324 с.
- Aven T.** (1983). Optimal replacement under a minimal repair strategy. *Advances in Applied Probability*, 15, 1, 198–211. DOI: 10.2307/1426990
- Bartholomew-Biggs M., Zuo M. J., Li X.** (2009). Modelling and optimizing sequential imperfect preventive maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*, 94, 53–62. DOI: 10.1016/j.ress.2008.03.002
- Horenbeek A. van, Pintelon L., Muchiri P.** (2010). Maintenance optimization models and criteria. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 1 (3), 189–200. DOI: 10.1007/s13198-011-0045-x
- IVS (2019). *Effective 31 January 2020*. London: International Valuation Standards Council.

- Jiang R.** (2018). Performance evaluation of seven optimization models of age replacement policy. *Reliability Engineering & System Safety*, 180 ©, 302–311. DOI: 10.1016/j.res.2018.07.030
- Kijima M.** (1989). Some results for repairable systems with general repair. *Journal of Applied Probability*, 26, 89–102.
- Welch R.B.** (1943). *Depreciation of buildings for assessing purposes*. Chicago: International association of assessing officers.
