

- Novikov D.A., Chkhartishvili A.G. (2003). Reflexive Games. Moscow: SINTEG (in Russian).
- Pearce D. (1984). Rationalizable Strategic Behavior and the Problem of Perfection. *Econometrica*, 52, 1029–1050.
- Rothschild M., Stiglitz J.E. (1976). Equilibrium in Competitive Insurance Markets: an Essay on the Economics of Imperfect Information. *The Quarterly Journal of Economics*, 90, 629–649.
- Rubinstein A. (1998). Modeling Bounded Rationality. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sandomirskaja M. (2015). Price-Quantity Competition of Farsighted Firms: Toughness vs. Collusion. Working Paper BRP 93/EC/2015. Moscow: National Research University Higher School of Economics.
- Shapiro C. (1989). Theories of Oligopoly Behavior. In: “*Handbook of Industrial Organization*” Schmalensee R., Willig R.R. (eds.). Vol. 1. Chap. 6. North Holland: Elsevier, 329–414.
- Simon H.A. (1955). A Behavioral Model of Rational Choice. *The Quarterly Journal of Economics*, 69, 99–118.
- Simon H.A. (1956). Rational Choice and the Structure of the Environment. *Psychological Review*, 63, 129–138.
- Smith J.M. (1982). Evolution and the Theory of Games. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stahl D., Wilson P. (1995). On Players Models of other Players: Theory and Experimental Evidence. *Games and Economic Behavior*, 10, 213–254.
- Tullock G. (1980). Efficient Rent Seeking. In: Buchanan J.M., Tollison R.D., Tullock G. (eds.) “*Toward a Theory of the Rent-Seeking Society*”. College Station: Texas A&M University Press, 97–112.

Received 13.04.2017

A.B. Iskakov

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences RAS, Moscow, Russia

M.B. Iskakov

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences RAS, Moscow, Russia

In Search of a Generalized Concept of Rationality

Abstract. The paper recapitulates basic problems that arise in the game-theoretic models, when traditional assumptions about the rationality of players are violated. Some examples of bounded rationality models describing the strategic interdependence of players are provided. In particular we consider the theories of oligopolistic behavior, the models of bounded strategic thinking, equilibrium in secure strategies and equilibria contained by counter-threats. We discuss the ways to reconcile the traditional and boundedly rational approaches. We briefly review the main strands of modern game theory aimed at developing a generalized concept of rationality, which would incorporate strategic interaction and farsighted strategic thinking of players. Promising directions include interactive epistemology, learning theory and evolutionary models.

Keywords: *rationality, bounded rationality, strategic interdependence, farsightedness, strategic thinking, interactive epistemology, learning theory, evolutionary models.*

JEL Classification: C72, C73, D03, D43, D81, D83, L13.

A.B. Леонидов

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Университет им. Д. Пожарского,
Московский физико-технический институт, МоскваЖурнал НЭА,
№ 2 (34), 2017,
с. 189–192

О некоторых направлениях развития теоретической экономики¹

Аннотация. В статье дается краткое обсуждение некоторых перспективных направлений теоретической экономики, связанных с анализом задач многих взаимодействующих агентов, в том числе на графах фиксированной и динамически формирующейся топологий. Обсуждается необходимость построения статистической теории игр, в которой по аналогии со статистиче-

ской физикой строится приближенное агрегированное описание системы в терминах небольшого числа репрезентативных коллективных переменных. Особый интерес представляет построение агрегированного описания систем с нетривиальной локальной топологией экономического взаимодействия. Описывается современное состояние моделей многосекторной экономики, использующих для описания экономического взаимодействия взвешенный ориентированный граф, отвечающий матрице затраты–выпуск, а также перспективный мультиагентный подход к задачам оптимизации, в котором оптимальное состояние достигается путем обмена услугами на виртуальном рынке.

Ключевые слова: *Системы многих агентов, динамика на графах, макроэкономическая динамика.*

Классификация JEL: A1.

Я хотел бы поделиться некоторыми мыслями о том, какие направления развития теоретической экономики кажутся мне наиболее интересными и перспективными. Выбор сюжетов для обсуждения является, разумеется, субъективным и не претендует на полноту.

Основной темой обсуждения являются задачи экономического взаимодействия большого числа агентов. В общей постановке речь идет об описании задачи в терминах задачи о равновесии или динамической эволюции на графе, в узлах которого находятся агенты, а ребра характеризуют взаимодействие между ними. В этом смысле свойства социальных и экономических систем определяются характеристиками соответствующего эволюционирующего ориентированного взвешенного графа, отражающими теоретико-игровое взаимодействие агентов.

Прежде чем приступить к рассмотрению конкретных сюжетов, обсудим перспективы количественного описания задач такого рода. Важный опыт в похожих обстоятельствах был выработан физикой при конструировании описания систем многих взаимодействующих частиц (газы, жидкости, и т.д.). Исходным пунктом в подобных задачах послужило осознание того факта, что точное количественное описание является здесь бессмысленным, поэтому достаточно ограничиться (вероятностным) описанием свойств сравнительно небольшого числа агрегированных переменных. В результате возникла статистическая физика – мощный инструмент количественного описания конденсированных сред. Задачи теоретико-игрового взаимодействия многих агентов гораздо сложнее, чем самые сложные физиче-

ские задачи, и в этом смысле получение точного решения не может быть реалистической целью их исследования. Речь скорее идет о статистической теории игр с описанием в терминах агрегированных характеристик, отражающих как свойства узлов, так и топологию графа, отражающую их взаимодействие.

На самом простом уровне речь идет о задачах, в которых топология графа, отражающая характер экономического взаимодействия агентов, является фиксированной. Интересным примером является здесь связь между флуктуациями секторального выпуска и результирующими флуктуациями ВВП в многосекторных моделях экономики, которая технически выражается обратной матрицей Леонтьева. Лишь в 2012 г. экономисты пришли к пониманию того, что обратная матрица Леонтьева есть не что иное, как центральности Каца–Боначича взвешенного ориентированного графа, матрицей смежности которого является матрица затраты–выпуск (Acemoglu et al., 2012), и этот результат в теории сложных сетей является абсолютно естественным. Отметим, что обратная матрица Леонтьева является пропагатором флуктуаций не только для статической конкурентной модели, рассмотренной в (Acemoglu et al., 2012), но и в более сложных динамических моделях многосекторной экономики.

Статические теоретико-игровые задачи на графах с фиксированной топологией рассмотрены в обзоре (Jackson, Zenou, 2014). Интересно отметить, что в большинстве случаев соответствующее равновесие может быть найдено только для простейших топологий симметричных матриц смежности и случая стратегической дополнителности (на языке физики –

¹ По материалам доклада, сделанного автором на Российском экономическом конгрессе 19.12.2016.

положительных констант взаимодействия). Практически неизученными остаются задачи со стратегическим замещением (отрицательные константы взаимодействия) и случайного заморозенного взаимодействия агентов. Отметим, что в задачах типа дискретного выбора при наличии случайного шума речь по существу идет о восстановлении полной вероятностной меры на всех узлах (Follmer, 1974), которая в общем случае не факторизуется. Опыт анализа фазовых переходов в спиновых системах на графах показывает, что точное решение подобных задач невозможно, поэтому необходимо прибегать к приближенным методам, в частности методу среднего поля или более тонкому методу Бете–Пайерлса. В настоящее время подобный анализ еще не проведен. Большой интерес представляет формулировка динамических игр, в которой равновесие понимается как фиксированная (стационарная) точка динамической эволюции. В работе (Blume, Durlauf, 2003) рассмотрен только простейший случай динамических уравнений эволюции в приближении среднего поля для полного графа. Обобщение полученных результатов на более точные приближения и различные топологии является важной и актуальной задачей. Естественным является здесь подход, основанный на использовании мастер-уравнений для эволюции динамической меры, которые для простейших характеристик сводятся к уравнениям Фоккера–Планка или их нелинейным обобщениям.

Следующий уровень сложности представляют задачи, в которых граф, отражающий взаимодействие, также эволюционирует во времени. Простым примером такого рода является анализ сетевых побочных (spillover) эффектов в международной торговле, представленный в работах (Kireev, Leonidov, 2015, 2016). В этих работах исходный импортный шок в одном из узлов приводит к генерации вторичных шоков его соседями, соседями соседей и т.д. В результате возникает динамический процесс, в котором эволюционирует сама матрица импорт–экспорт. Другим важным примером является недавний анализ динамической эволюции конфигурации, характеризующей НИОКР-альянсы (Konig, 2014). Отметим, что данная работа

продолжает традицию исследования динамики инноваций (см. например, (Полтерович, Хенкин, 1986; Khenkine, 2012)) в терминах стохастической динамики близких или совпадающих с некоторыми методами, используемыми в нелинейной кинетике в физике. Работа (Konig, 2014) относится к исключительно интересному классу задач, в которых переплетены конкуренция и кооперация (co-opetition). Теоретико-игровой анализ формирования графов экономического взаимодействия в задачах такого рода является трудным, но интересным для будущих исследований.

И, наконец, упомяну, на мой взгляд, о чрезвычайно перспективном направлении исследований, связанных с агентной формулировкой практических задач оптимизации в сложных производственных системах (Ржевский, Скобелев, 2015). Центральным элементом конструкции является здесь виртуальный рынок, на котором агенты потребностей торгуются друг с другом, а удовлетворение потребностей по существу отвечает нахождение (приближенного) теоретико-игрового равновесия, отвечающего (приближенному) оптимуму для рассматриваемой задачи. К настоящему времени метод применен к решению большого числа практических задач.

Вместе с тем осознание характерных особенностей применяемого метода в теоретико-игровых терминах находится в стадии первоначального обсуждения и является исключительно интересным и многообещающим проектом.

ЛИТЕРАТУРА

- Полтерович В.М., Хенкин Г.М.** (1986). Эволюционная модель взаимодействия процессов создания и заимствования технологий // *Экономика и математические методы*. Т. XXIX. Вып. 6. С. 1071–1083.
- Ржевский Г.А., Скобелев П.О.** (2015). Как управлять сложными системами. Самара: Офорт.
- Acemoglu D., Carvalho V.M., Ozdaglar A., Wacziarg R.** (2012). The Network Origins of Aggregate fluctuations // *Econometrica*. Vol. 80. P.1977–2016.

- Blume L., Durlauf S.** (2003). Equilibrium Concepts for Social Interaction Models // *International Game Theory Review*. Vol. 5. P.193–209.
- Follmer H.** (1974). Random Economies with Many Interacting Agents // *Journal of Mathematical Economics*. Vol. 1. P. 51–62.
- Jacson M., Zenou Y.** (2014). Handbook on Game Theory. Vol. 4. Amsterdam: Elsevier Publisher. P. 95–164.
- Khenkine G.** (2012). Burgers Type Equations, Gelfand's Problem and Schumpeterian Dynamics. Hal-00692144.
- Kireev A., Leonidov A.** (2015). Network Effects of International Shocks and Spillovers. IMF Working Paper WP/15/149.
- Kireev A., Leonidov A.** (2016). China's Imports Slowdown: Spillovers, Spilling and Spill-backs. IMF Working Paper WP/16/51.
- Koenig M.D.** (2014). Technology Cycles in Dynamic R&D Networks. University of Zurich Working Paper 178.
Поступила в редакцию 17 марта 2017 года
- REFERENCES (with English translation or transliteration)
- Acemoglu D., Carvalho V.M., Ozdaglar A., Tahbaz-Salehi A.** (2012). The Network Origins of Aggregate fluctuations. *Econometrica*, 80, 1977–2016.
- Blume L., Durlauf S.** (2003). Equilibrium Concepts for Social Interaction Models. *International Game Theory Review*, 5, 193–209.
- Follmer H.** (1974). Random Economies with Many Interacting Agents. *Journal of Mathematical Economics*, 1, 51–62.
- Jacson M., Zenou Y.** (2014). Handbook on Game Theory. Amsterdam: Elsevier Publisher, 95–164.
- Khenkine G.** (2012). Burgers Type Equations, Gelfand's Problem and Schumpeterian Dynamics. Hal-00692144.
- Kireev A., Leonidov A.** (2015). Network Effects of International Shocks and Spillovers. IMF Working Paper WP/15/149.
- Kireev A., Leonidov A.** (2016). China's Imports Slowdown: Spillovers, Spillings and Spill-backs. IMF Working Paper WP/16/51.
- Koenig M.D.** (2014). Technology Cycles in Dynamic R&D Networks. University of Zurich Working Paper 178.
- Polterovich V.M., Khenkin G.M.** (1986). Evolutionary Model of Interaction of Processes of Technology Creation and Exchange. *Economics and Mathematical Methods*, XXIX, 6, 1071–1083 (in Russian).
- Rzhevskii G.A., Skobelev P.O.** (2015). How to Control Complex Systems. Samara: Ofort (in Russian).

Received 17.03.2017

A.V. Leonidov

The Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Dmitry Pozharsky University, Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russia

About Some Directions of Economic Theory Development

Abstract. The paper discusses some promising directions of theoretical economics related to analyzing problems with many interacting agents, i.e. at graphs with fixed or emergent topologies. A necessity of developing a statistical game theory is discussed; in which, similarly to statistical physics, one constructs an approximate aggregated description of a system in terms of a small number of representative collective variables. Development of aggregated description of systems with nontrivial local topology of economic interactions is of particular interest. A modern status of multi sector macroeconomic models is described portraying economic interaction through considering a weighted oriented graph corresponding to the input-output matrix as well as multiagent approach to optimization problems in which an optimal state is reached by agents exchanging services at the virtual market.

Keywords: *multiagent systems, dynamics on graphs, macroeconomic dynamics.*

JEL Classification: A1.