

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО ДИЗАЙНА¹

Игорь Леонидович КИРИЛЮК,
младший научный сотрудник,
Институт экономики РАН,
Москва, Россия,
e-mail: igokir@rambler.ru

Цитирование: Кирилук, И. Л. (2019). Математическое моделирование в задачах институционального дизайна // *Terra Economicus*, 17(3), 64–77. DOI: 10.23683/2073-6606-2019-17-3-64-77

Институциональный дизайн представляет собой целенаправленные изменения в системе социально-экономических институтов. Это понятие широко используется в англоязычной литературе, иногда оно встречается и в русскоязычных публикациях. В экономике к процессам институционального дизайна относят установление правил использования общественных ресурсов, осуществление экономических реформ, создание и реформирование экономических организаций, существенно влияющих на отношения между группами экономических агентов и т.п. Среди множества публикаций, в которых обсуждаются процессы институционального дизайна, автором с использованием баз данных типа google scholar, elibrary.ru и поисковых сайтов отобраны для анализа те, где имеет место применение математических моделей и расчетов. Часть из них не содержит термина «институциональный дизайн», но содержит его синонимы или описывает частные случаи его применения. В статье предложена классификация применяемых в этих публикациях математических моделей. Среди них эконометрические модели, модели общего экономического равновесия, экономофизические модели, предполагающие применение в экономике методов теории нелинейных динамических систем, модели теории игр (в частности эволюционной теории игр и теории игр, связанных с коллективным использованием ресурсов), имитационные модели. Приведены примеры публикаций по конкретным видам моделей. Указаны сильные и слабые стороны применения различных типов моделей и математических методов, обсуждаются перспективы их использования. Особое внимание уделено применению в институциональном дизайне информационных технологий, которые активно развиваются благодаря наличию интернета и больших вычислительных мощностей, а также разработке и освоению обществом технологии блокчейн.

Ключевые слова: институциональный дизайн; институциональная экономика; мезоэкономика; экономико-математическое моделирование; теория игр; эффективный альтруизм; экономофизика; эволюционная экономика

¹ Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №17-02-00207).

MATHEMATICAL MODELLING FOR INSTITUTIONAL DESIGN

Igor L. KIRILYUK,

Junior Researcher,
Institute of Economics of RAS,
Moscow, Russia,
e-mail: igokir@rambler.ru

Citation: Kirilyuk, I. L. (2019). Mathematical modelling for institutional design. *Terra Economicus*, 17(3), 64–77. DOI: 10.23683/2073-6606-2019-17-3-64-77

Institutional design is a targeted change to the system of socio-economic institutions. This concept is widely used in English-language literature, also sometimes in Russian-language publications. In economics, institutional design processes include the establishment of rules for the use of public resources, the implementation of economic reforms, the creation and reform of economic organizations that significantly affect relations between groups of economic agents, etc. From the many publications in which the processes of institutional design are discussed, the author, using databases such as google scholar, elibrary.ru and search sites, selected for analysis those where the application of mathematical models and calculations takes place. Some of them do not contain the term “institutional design”, but contain its synonyms or describe particular cases of its application. This article suggests the classification of mathematical models used in these publications. Among them are econometric models, models of general economic equilibrium, econophysical models involving the application in economics of the methods of the theory of nonlinear dynamic systems, models of game theory (in particular, evolutionary game theory and game theory related to the collective use of resources), and imitation models. Examples of publications about specific types of models are given. The strengths and weaknesses of the use of various types of models and mathematical methods are indicated and the prospects for their use are discussed. Particular attention is paid to the use of information technology in institutional design, which is actively developing due to the presence of the Internet and large computing power, as well as the development and adoption of blockchain technology by society.

Keywords: institutional design; institutional economy; mesoeconomics; economic-mathematical modeling; game theory; effective altruism; econophysics; evolutionary economics

JEL classifications: B15; B25; B52; C02; C7; O43

Acknowledgement: This research was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project №17-02-00207).

Введение

Задачи реформирования экономики в той или иной степени стоят перед обществом практически постоянно. Институциональный дизайн представляет собой действия по целенаправленному существенному изменению социально-экономических институтов. В работах Д. Норта рассматривалось более объемное понятие институциональных изменений (North, 1990), в работах Э. Остром сфокусировано внимание

на целенаправленных изменениях и сформулированы принципы институционального дизайна (Ostrom, 1990). Обзоры ключевых англоязычных и русскоязычных работ по институциональному дизайну приведены, соответственно, в статьях Кругловой (2018) и Волынского (2018).

В данной статье обсуждаются цели, результаты и перспективы применения математического моделирования в задачах институционального дизайна и на примерах показана их важность в современном обществе. Математика при таком применении предстает не только как одно из средств описания существующих экономических систем, но и как инструмент изменения экономических процессов для лучшего удовлетворения потребностей населения (которое может выражаться в росте ВВП, продолжительности жизни, образованности, показателей счастья, устойчивости и безопасности долгосрочного развития общества). Таким образом, институциональный дизайн связан с нормативными экономическими теориями, т.е. с теориями, которые не просто описывают существующую экономику, а указывают, как она должна быть устроена.

Существует некоторая неопределенность использования понятия «институциональный дизайн», в том числе и в институциональной экономике (Вольчик, 2003; Быконя, 2010). Рядом авторов используются близкие к нему по смыслу понятия, такие как институциональное проектирование, моделирование, выращивание институтов и т.п. Перечень такого рода понятий содержится, например, в (Жук, 2011). Особым примером институционального дизайна является заимствование институтов из одних стран другими. Математические расчеты позволяют сделать прогноз того, какие институциональные заимствования в этих случаях могут оказаться полезными (Полтерович & Старков, 2005). В нашем исследовании проанализированы публикации, где математическое моделирование используется для исследования таких направлений институционального дизайна, как правила создания и изменений экономических организаций, правила пользования общими ресурсами, проведение экономических реформ (например, приватизации), другие целенаправленные изменения экономических институтов.

В следующих разделах, не претендуя на полноту, мы на конкретных примерах представим основные виды математических моделей, используемых при моделировании процессов институционального дизайна. Разделы сформированы в соответствии с предлагаемой классификацией моделей.

1. Эконометрические модели

Эконометрические модели применяются с разной степенью успешности в анализе широкого круга экономических задач, в том числе и при исследовании процессов и последствий институционального дизайна.

В рамках эконометрического подхода существенное изменение в какой-то момент времени состояния экономической системы описывается понятиями структурных сдвигов (Каткова & Марков, 2014), или разладок, для исследования которых предложен ряд эконометрических тестов. Изменение системы социально-экономических институтов может оказывать влияние на свойства описывающих эти институты временных рядов, приводя к структурным сдвигам, что выражается в изменении средних значений показателей, их дисперсий, трендов и т.д. Когда институциональные изменения имеют экзогенный характер, исследование свойств структурных сдвигов полезно скорее для анализа уже имеющих место институциональных изменений, чем для прогнозов.

Приведем несколько примеров применения эконометрических методов к задачам институционального дизайна.

Большое число публикаций посвящено анализу количественных показателей, характеризующих взаимосвязь между институтами, экономическим ростом и основными макроэкономическими показателями. Обзоры литературы по этой теме представлены, например, в (Полтерович, Попов & Тонис, 2009; Мамонов & Пестова, 2015; Назаров, 2016).

Эконометрические методы, применимые в частных задачах институционального дизайна, весьма разнообразны. Например, в работе (Яновский & Шульгин, 2008) приведен анализ связи институтов, уровня демократии и экономического роста с использованием анализа причинности по Грэнджеру. В работе (Туктамышева, 2014) для анализа последствий вступления России во Всемирную торговую организацию (ВТО) для Оренбургской области применяются такие эконометрические модели, как модель АРПСС (авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего), пороговые модели авторегрессии. В (Chen, 1998) для исследования зависимости эффективности банков от того, в частной или общей собственности они находятся, применяется непараметрический метод – анализ среды функционирования (англ. Data Envelopment Analysis).

Интересные мысли про эконометрический аппарат, релевантный для описания институциональных изменений, изложены в (Цирель, 2005). В данной работе предлагается аналогия между процессом выбора институтов и марковскими процессами с «долгой памятью». Однако, далее автор упоминает про «немарковский аспект» институциональных изменений. Интерпретация этой аналогии в том, что выбор конкретного устройства института в конкретный момент времени, с одной стороны, определяется «колеей» всего предшествующего развития, с другой стороны, сильно зависит от текущих случайных факторов. На наш взгляд, предлагаемый автором метод описания институциональных изменений подходит под определение процесса случайного блуждания.

Ограничение эконометрических методов и моделей в том, что они, будучи примененными для исследования свойств и закономерностей в различных эмпирических данных, как правило, не описывают экономических механизмов, определяемых конкретными экономическими теориями. Поэтому эконометрические модели могут быть полезны для краткосрочных прогнозов, преимущественно в ситуациях экономической стабильности.

2. Модели общего равновесия

Если простые эконометрические модели, аппроксимирующие эмпирические данные, далеко не всегда имеют интерпретацию в виде экономических законов, то модели, описывающие экономическое равновесие (например, общее экономическое равновесие на рынках товаров и услуг), в целом более обоснованы постулатами экономических теорий. У их истоков стоят модели Вальраса, Эрроу – Дебрё, в последние десятилетия разработаны вычислимые модели, т.е. модели, с помощью которых можно пытаться спрогнозировать реальные экономические ситуации, такие как CGE- и DSGE-модели.

Модель Эрроу – Дебрё, хотя предложена относительно давно, по-прежнему является инструментом исследований, в том числе и для анализа институциональных изменений. Так, в (Макаров, 2003) модель Эрроу – Дебрё используется для анализа процессов создания институтов и их ликвидации. В работе (Гаврилец & Тараканова, 2015) в терминах подхода Эрроу – Дебрё изучаются следствия приватизации и налоговых нагрузок на частную собственность для эффективности производства и социальной удовлетворенности, оценивается влияние экономической политики на значения ряда показателей равновесия.

С 1950-х гг. важную роль в развитии экономики стран мира стал играть проектный подход. Математические методы широко используются при оценке эффективности масштабных инвестиционных и прочих проектов, в том числе связанных с изменением социально-экономических институтов. В случае проектов институционального дизайна представляют интерес не столько оценки окупаемости и прибыли проектов для инвесторов, влияние на налоги в бюджеты стран и муниципальных образований, сколько оценки экономической эффективности – воздействия проектов на общество

и экономику в целом в регионах, где те или иные проекты реализуются в том числе с учетом мультипликативных эффектов. В качестве примера распространенного инструмента для таких оценок экономической эффективности институциональных преобразований можно привести вычислимые модели общего равновесия (известные также, как CGE-модели).

DSGE-модели используются, например, центральными банками стран мира для обоснования денежно-кредитной политики. Эти модели существуют в разнообразных вариантах и учитывают институциональные особенности применяющих их конкретных стран. Реализация проектов институционального дизайна может интерпретироваться в них, например, как разновидность шоков. В литературе напрямую обсуждается тема институционального дизайна для центральных банков (Beddies, 2000).

Модели общего экономического равновесия характерны для разных направлений экономической теории. В основу ряда математических моделей легли идеи Кейнса (например, в интерпретации Хикса, или частично они лежат в моделях DSGE). Есть примеры их применения и в марксистской экономике (Shibata, 1933).

Разработкам в области математического моделирования происходившей в России перестройки посвящена статья академика РАН А.А. Петрова (Петров, 1999). В статье описаны результаты работы группы ученых из Вычислительного центра РАН, к началу российских рыночных реформ накопивших опыт математического моделирования как российской плановой экономики, так и западной рыночной, что позволило им моделировать происходившие в России в 1990-е гг. экономические реформы с использованием моделей общего равновесия и вариационных принципов.

Модели общего равновесия в последние десятилетия интенсивно совершенствовались, они используются в практике прогнозирования и планирования государственными органами стран мира. Однако в некоторых аспектах и они подвергаются критике. В реальных экономиках бывают периоды интенсивного экономического роста или, наоборот, кризисные явления, когда ситуация явно неравновесная. Кроме того, распространено мнение, что в экономических системах может быть более одного равновесного состояния (а институциональный дизайн может приводить к их смене в системе). Более универсальным аппаратом представляются некоторым исследователям неравновесные модели, например, модели эконофизики, описываемые ниже.

3. Эконофизические модели

Особенностью эконофизики является заимствование для экономических задач математического аппарата нелинейной динамики, обычно применяемого в естественных науках. Эконофизические модели способны описывать поведение систем с неравновесной, нелинейной динамикой. Непрерывные процессы описываются системами нелинейных дифференциальных уравнений, дискретные – системами отображений или, например, клеточными автоматами.

Для описания резких скачкообразных изменений в экономике, которые могут возникнуть как результат институционального дизайна, эконофизика предлагает релевантный математический аппарат, например, теории катастроф или теории фазовых переходов (Словохотов, 2010). При этом возможности резкого изменения поведения переменных в данном случае являются эндогенными особенностями моделей.

Приведем несколько примеров применения эконофизического подхода к задачам институционального дизайна.

В работе (Шапошников, Плотникова & Плотникова, 2012) модель клеточного автомата использована для анализа процесса приватизации жилья в России за период 1990–2010 гг.

Одной из базовых непрерывных моделей, описывающих динамику взаимодействующих друг с другом популяций экономических агентов, является модель борьбы условных информаций Д.С. Чернавского (Чернавский, 2009). В работе (Малков & Кири-

люк, 2013) на основе модели борьбы условных информаций выведены условия, при которых соперничество между конкурирующими системами может приводить к росту показателей для обеих систем.

В статье (Березовская, Карева & Карев, 2012) рассматривается математическая модель, описывающая популяции агентов, которые конкурируют за потребляемый ими ресурс, а также участвуют в его обновлении. Исследуется, в каких режимах система устойчива (и может рассматриваться как «экологическая ниша»), в каких происходит коллапс системы, обусловленный «трагедией общего ресурса», и какими методами этой трагедии можно избежать (например, наказание за сверхпотребление, нелинейно растущее в зависимости от уровня сверхпотребления, и поощрение альтруизма). Используется математический аппарат нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений.

Группой ученых из МГУ с использованием аппарата систем нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений моделируется процесс образования межстрановых объединений, например, в рамках стран БРИКС (Садовничий и др., 2014), и исследуется его целесообразность.

В работе (Кирдина, 2010) на основе принципа диссимметрии Кюри и идей теории диссипативных структур И.Р. Пригожина обоснованы ограничения возможных изменений социально-экономических институтов, связанные с устойчивостью доминирующих институциональных матриц в общественной структуре.

Применимость методов нелинейной динамики в экономике имеет ограничения, заключающиеся в том, что в экономических системах, как правило, довольно короткие временные ряды, а для достоверного выявления различных нелинейных эффектов, таких как, например, детерминированный хаос, ряды данных должны быть достаточно длинными, а сами данные должны иметь достаточно высокую степень точности. Кроме того, базовые модели нелинейной динамики, как правило, содержат малое число уравнений, а в экономике не всегда очевидна применимость моделей малой размерности.

4. Теория игр

Одной из целей институционального дизайна является создание условий для избегания конфликтных ситуаций. Однако сами институты, ограничивающие поведение человека, возникают как результат взаимодействия не всегда совпадающих между собой групп интересов, а также интересов общества в целом. Математической дисциплиной, предназначенной для изучения конфликтов и несовпадения интересов взаимодействующих друг с другом агентов (групп агентов), является теория игр. Поэтому в отличие от ряда других математических методов, например от эконометрического анализа, теория игр позволяет дать содержательную интерпретацию описываемых в задачах институционального дизайна ситуаций и предложить более обоснованные рекомендации. Выделим некоторые конкретные подходы в рамках теории игр, которые наиболее релевантны при моделировании процессов институционального дизайна.

Теория игр в своем классическом варианте связана с неоклассической экономикой и теориями экономического равновесия (поскольку в теории игр равновесие, достигаемое между игроками, играет ключевую роль).

Под непосредственным влиянием концепций Э. Остром и Блумингтонской школы (Ostrom, Gardner & Walker, 1994) развивается направление в теории игр, называемое «common pool resource games» (общепринятый русскоязычный аналог этого термина нами не найден, название можно перевести как «игры, определяемые использованием общих ресурсов») (Keser & Gardner, 1999). Также развивается близкое направление «public good games» (игры, определяемые использованием публичных благ). При использовании общих ресурсов есть риск возникновения ситуации, которая называется «трагедия общин». Трагедия заключается в том, что отдельные индивидуумы могут быть заинтересованы в интенсивном использовании общего ресурса без учета инте-

ресов окружающих в поддержании нужного количества ресурса в долгосрочной перспективе, и это приводит к истощению ресурса. Э. Остром с коллегами показала, что в определенных ситуациях этой трагедии можно избежать. Возникающие при использовании общих ресурсов устойчивые равновесные состояния и системы правил формализуются в рамках «common pool resource games». В подходе Э. Острома пристальное внимание уделяется не только «играм по заданным правилам», но и выбору (формированию) правил участниками.

В теории игр исторически значительную роль играет представление о рациональности игроков. Однако оно не является там всеобщим и неоспоримым. Тенденция последних лет – рост влияния эволюционной экономической теории на теорию игр. Институциональный дизайн применяется в среде с уже существующими институтами, развивающимися по законам эволюции социально-экономических систем. Поэтому ответ на вопрос о том, как именно должны быть изменены существующие системы институтов и какие новые институты целесообразно создавать для достижения нужных результатов, имеет смысл искать с учетом результатов исследований в области эволюционной экономики и используемых в рамках этого направления математических моделей.

При этом эволюционная теория не делает акцента на рациональности вовлеченных в процесс эволюции субъектов, или агентов (скорее, наоборот, став разумным, человечество стало привносить искажающие влияния в эволюционные процессы). Оптимизация в теории эволюции основана не на результатах воплощения долгосрочных рациональных планов эволюционирующих агентов, а является следствием естественного отбора в текущей ситуации. Традиции, веками сохраняющиеся в обществе, демонстрирующие устойчивость, являются результатом эволюции системы правил, но они могут в любой момент оказаться неадекватными при текущих внешних воздействиях.

Д.С. Чернавский в описании созданной им динамической теории информации (Чернавский, 2009) обращает внимание на то, что общество многообразно и в нем незаметно единого процесса глобальной оптимизации, поскольку в долгосрочной перспективе устойчиво сосуществуют разные типы языков, валют, правил, организаций и т.д.; постепенно меняясь, они не всегда вытесняют друг друга².

На стыке теории игр и эволюционной теории возникло особое направление, называемое эволюционной теорией игр (Васин, 2009; Васин, 2010; Скоробогатов, 2014; Обыденков, 2018). Эта теория рассматривает не отдельных игроков, играющих друг с другом в определенную игру, а некоторые популяции игроков, которые играют в повторяющиеся игры по некоторым правилам с использованием определенных стратегий, не одинаковых для разных игроков. Стратегии подчиняются законам естественного отбора, и, таким образом, происходит развитие системы, предполагающее вытеснение одних стратегий другими.

Хотя в настоящее время среди ученых доминирует точка зрения, что у эволюционного процесса нет заведомых целей, он породил цивилизацию разумных существ, у которых понятие целей появилось как и стремление к оптимизации. Но рациональность на современном этапе не является всеобщим свойством экономических агентов. Поэтому имеет смысл разработка теорий и соответствующего математического аппарата, которые сочетали бы в себе и стремление агентов к оптимизации, связанное с их рациональностью, и стихийные эволюционные процессы (в которых оптимизация тоже имеет место).

В рамках институционального дизайна решается не задача победы каких-либо агентов над другими в игре по заданным правилам, а задача изменения самих «правил игры», формирующихся на мезоуровне экономики, таким образом, чтобы максимизировать цели общего блага. Эта проблема в различных аспектах затрагивается в теории дизайна экономических механизмов, за которую ее основоположник Л. Гурвиц, а так-

² Изменения, не приводящие к скорому исчезновению изменившихся или тех, кого изменения не коснулись, существуют и в биологии, они являются результатом накопления квазинейтральных мутаций.

же внесшие в ее развитие принципиальный вклад Э. Маскин и Р. Майерсон получили Нобелевскую премию по экономике в 2007 г. (Измалков, Сонин & Юдкевич, 2008). Эта теория позволяет более объективно анализировать экономику с использованием математического аппарата теории игр. Если традиционно экономисты постулировали законы своей науки в рамках определенных парадигм, то теория дизайна экономических механизмов позволяет делать сравнительный анализ разных подходов, выбирая из них оптимальные в конкретных ситуациях. Например, она позволяет анализировать области эффективной применимости рыночной или плановой экономики. К настоящему времени разработки в этой области оказали существенное влияние на микроэкономику, практику проведения аукционов, институциональную экономику, задав новые возможности ее формализации. В России близкими проблемами занимается коллектив, развивающий теорию активных систем (Бурков & Новиков, 2009).

Идеи дизайна механизмов и институционального дизайна (с позиций подхода Э. Остром) совместно обсуждаются в (Anderies, 2014). Отметим также исследования по созданию математических моделей, которые проводятся Такаши Хашимото, Мако-то Нишибе и другими участниками японской ассоциации эволюционной экономики (Hashimoto & Nishibe, 2017). Важной особенностью их подхода является моделирование эндогенной динамики правил, характеризующих институты. Они вводят понятия метаправил как правил, по которым меняются «правила игры», говорят о динамике «экологии правил», поскольку правила в обществе составляют общую систему и их изменения влияют на изменения других правил. Их исследования являются развитием эволюционной теории игр и напрямую позиционируются как описание эволюционного институционального дизайна.

Широкое применение теории игр в общественных науках, в том числе в институциональной экономике и институциональном дизайне, является предметом дискуссий и подвергается критике, поскольку формализованное описание в рамках этой теории лишь приблизительно учитывает сложную систему взаимодействия между экономическими агентами в реальном мире. В качестве альтернатив приводятся, например, имитационное моделирование (Барбашин, 2017), системная динамика (Castillo & Saysel, 2005), пространственный подход (Ахременко, Петров & Михайлов; 2015). Также слабым местом классической теории игр является единственность выигрыша в качестве показателя эффективности. В реальной жизни приходится выбирать лучшие варианты стратегий с одновременным использованием различных критериев эффективности.

5. Перспективные направления математического моделирования в институциональном дизайне

Одной из новых областей с потенциалом применимости институционального дизайна являются инициативы, основанные на принципе так называемого «эффективного альтруизма». Методология математического моделирования на основе принципа «эффективного альтруизма» опирается на разработки в том числе сингапурского экономиста Йоу Кванг Нг. Он известен не только как человек, предложивший свою интерпретацию понятия мезоэкономики и содействующий его популяризации, но и как один из ведущих специалистов в области экономики благополучия, утилитаризма, консеквенциализма, гедонизма и использования математики в этой сфере (Ng, 1975).

Сторонники этого направления выясняют при помощи количественного оптимизационного анализа, например, каким способом можно спасти максимальное количество жизней в каком-то месте земли за определенную сумму денег, как оптимизировать свое рабочее время для пользы общества, какой реальный коэффициент полезного действия у различных благотворительных организаций и т.п. Более эффективное перераспределение финансовых средств с учетом особенностей условий институциональной среды, в которой живут благополучатели, ведет к уменьшению неравенства, бедности, заболеваемости, конфликтов в обществе. Ряд задач, оцениваемых количе-

ственными методами в рамках данного направления, – это задачи институционального дизайна, поскольку помощь в создании устойчивых социальных институтов по решению каких-либо проблем может оказаться существенно полезнее, чем разовая финансовая помощь в решении частной проблемы.

Другим перспективным направлением институционального дизайна является высокотехнологичный, так называемый «финансовый институциональный дизайн», сфера которого – создание новых типов банков, валют, производных финансовых инструментов и т.п. Как известно, здесь важную роль играет внедрение технологий блокчейн. Эти технологии имеют большие перспективы воздействия на социально-экономические институты, существенно изменяя систему транзакций, поэтому большой интерес представляет разработка моделей, учитывающих влияние внедрения технологий блокчейн (не только в связи со становлением и развитием криптовалют) на экономику и развитие общества.

По мере внедрения методов искусственного интеллекта в управление обществом, математическое моделирование становится не просто инструментом описания экономики, но и инструментом воздействия на общество, оптимизации экономических процессов.

Заключение

Описанные в данной статье факты приводят к выводу о том, что, несмотря на относительно малое количество статей, где явно оговаривается, что они посвящены математическому моделированию процессов институционального дизайна, это направление развивается как в мире, так и в России и позволяет учитывать различные аспекты преобразований в реальной экономике. Более того, по мере дальнейшего внедрения информационных технологий в экономику роль математического моделирования для институционального дизайна становится все важнее. Оценка жизнеспособности и эффективности проектов изменения социально-экономических институтов осуществляется с использованием разнообразных математических моделей. В статье описаны типы таких моделей, приведена их классификация с описанием на модели эконометрические, общего экономического равновесия, экономофизические, теории игр и имитационного моделирования с указанием некоторых достоинств и недостатков моделей каждого типа. Приведены примеры публикаций, где применяются модели конкретных типов для решения конкретных практических задач. При этом нужно понимать, что подобные классификации имеют приблизительный, условный характер и возможно развитие, например, гибридных моделей, сочетающих в себе сильные стороны разных подходов.

Выражаю благодарность доктору социологических наук, к.э.н. С.Г. Курдиной-Чэндлер за ценные советы в процессе подготовки статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- Ахременко, А. С., Петров, А. П., & Михайлов, А. П. (2015). Формальная теория в институциональной политологии: есть ли жизнь за пределами теории игр? // *Политическая наука*, (2), 39–61.
- Барбашин, М. Ю. (2017). Имитационное моделирование и институциональные исследования // *Journal of Institutional Studies (Журнал институциональных исследований)*, 9(3), 81–96.
- Березовская, Ф. С., Карева, И. Г., & Карев, Г. П. (2012). Возможно ли предотвратить «трагедию общего ресурса»? // *Математическая биология и биоинформатика*, 7(1), 30–44.

- Бурков, В. Н., & Новиков, Д. А. (2009). Теория активных систем – 40 лет / В кн.: В. Н. Бурков & Д. А. Новиков (ред.) *Теория активных систем*. Труды международной научно-практической конференции (17–19 ноября 2009 г., Москва, Россия), т. 1. М.: ИПУ РАН, 314 с.
- Быконя, С. Ф. (2010). Институциональное строительство: принципы и направления // *Наукові праці ДонНТУ. Серія: Економічна*, (38-1), 42–49.
- Васин, А. А. (2009). Эволюционная теория игр и экономика. Часть 1. Принципы оптимальности и модели динамики поведения // *Журнал Новой Экономической Ассоциации*, (3), 10–27.
- Васин, А. А. (2010). Эволюционная теория игр и экономика. Часть 2. Устойчивость равновесий. Особенности эволюции социального поведения // *Журнал Новой Экономической Ассоциации*, (5), 10–27.
- Волынский, А. И. (2018). Институциональный дизайн и теория реформ в российском экономическом дискурсе // *Terra Economicus*, 16(4), 29–40.
- Вольчик, В. В. (2003). Институционализм: вторичность нового мифа? (Возможности и пределы институциональной экономики) // *Экономический вестник Ростовского государственного университета*, 1(1), 126–134.
- Гаврилец, Ю. Н., & Тараканова, И. В. (2015). Модель приватизации в условиях экономического равновесия: опыт компьютерного анализа, с. 5–19 / В кн.: Ю. Н. Гаврилец (ред.) *Математическое и компьютерное моделирование социально-экономических процессов*. Сборник научных трудов, вып. 6. М.: ЦЭМИ РАН.
- Жук, А. А. (2011). Провалы институционального строительства конкурентной среды // *Экономические науки*, (5), 44–49.
- Измалков, С., Сонин, К., & Юдкевич, М. (2008). Теория экономических механизмов (Нобелевская премия по экономике 2007 г.) // *Вопросы экономики*, (1), 4–26.
- Каткова, М. А., & Марков, В. А. (2014). Применение эффекта гистерезиса трансакций в моделировании институционально-неравновесной экономики // *Известия Томского политехнического университета. Социально-гуманитарные технологии*, 325(6), 112–119.
- Кирдина, С. Г. (2010). Институциональные изменения и принцип Кюри // *Экономическая наука современной России*, (4), 28–62.
- Круглова, М. С. (2018). Теория институционального дизайна: от поиска идеальных институтов к работам Блумингтонской школы // *Terra Economicus*, 16(4), 17–28.
- Макаров, В. Л. (2003). Исчисление институтов // *Экономика и математические методы*, 39(2), 14–32.
- Малков, С. Ю., & Кирилюк, И. Л. (2013). Моделирование динамики конкурирующих сообществ: варианты взаимодействия // *Информационные войны*, (2), 49–56.
- Мамонов, М. Е., & Пестова, А. А. (2015). Анализ технической эффективности национальных экономик: роль институтов, инфраструктуры и ресурсной ренты // *Журнал Новой экономической ассоциации*, (3), 44–78.
- Назаров, П. А. (2016). *Моделирование влияния институциональной среды на основные макроэкономические показатели*. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. М.
- Обыденков, А. Ю. (2018). Математическая формализация институтов // *Стратегические решения & риск-менеджмент*, (4), 54–57.
- Петров, А. А. (1999). Анализ перестройки и реформы российской экономики методами математического моделирования // *Экономическая наука современной России*, (4), 7–44.

- Полтерович, В. М., Попов, В. В., & Тонис, А. С. (2009). Концентрация доходов, нестабильность демократии и экономический рост с 2009 г. // *Экономика и математические методы*, 45(1), 15–29.
- Полтерович, В. М., & Старков, О. Ю. (2005). Создание массовой ипотеки в России: проблема трансплантации. Научные доклады № R2–2005. СПб.: НИИ менеджмента СПбГУ.
- Садовничий, В. А., Акаев, А. А., Коротчаев, А. В., & Малков, С. Ю. (2014). *Комплексное моделирование и прогнозирование развития стран БРИКС в контексте мировой динамики* / Научный совет по Программе фонд. исслед. Президиума Российской академии наук «Экономика и социология науки и образования». М.: Издательский дом «Наука».
- Скоробогатов, А. С. (2014). Эволюционный выбор институциональных норм в неэргодичном мире // *Journal of Institutional Studies (Журнал институциональных исследований)*, 6(4), 98–115.
- Словохотов, Ю. Л. (2010). Аналогии фазовых переходов в экономике и демографии // *Компьютерные исследования и моделирование*, 2(2), 209–218.
- Туктамышева, Л. М. (2014). Оценка влияния условий ВТО на динамику социально-экономических показателей Оренбургской области // *Вестник Оренбургского государственного университета*, (14), декабрь, 471–476.
- Цирель, С. В. (2005). QWERTY-эффекты, path dependence и закон Седова, или Возможно ли выращивание устойчивых институтов в России // *Экономический вестник Ростовского государственного университета*, 3(3), 44–56.
- Чернавский, Д. С. (2009). *Синергетика и информация: динамическая теория информации*. М.: ЛКИ, 304 с.
- Шапошникова, Г. А., Плотникова, Л. А., & Плотникова, М. Ю. (2012). Математическое моделирование процесса приватизации жилья в России с учетом психологического и ценового факторов // *Обзорные прикладной и промышленной математики*, 19(4), 603.
- Яновский, К., & Шульгин, С. (2008). Институты, демократия и экономический рост, тест 180-летнего развития // *Экономическая политика*, (3), июнь, 57–75.
- Anderies, J. M. (2014). Understanding the dynamics of sustainable social-ecological systems: Human behavior, institutions, and regulatory feedback networks // *Bulletin of Mathematical Biology*, 77(2), 259–280.
- Beddies, C. H. (2000). *Selected issues concerning monetary policy and institutional design for central banks – a review of theories*. Working Paper №140, International Monetary Fund, Washington.
- Castillo, D., & Saysel, A. K. (2005). Simulation of Common Pool Resource Field Experiments: A Behavioural Model of Collective Action // *Ecological Economics*, 55, 420–436.
- Chen, T.-Y. (1998). A study of bank efficiency and ownership in Taiwan // *Applied Economics Letters*, 5, 613–616.
- Hashimoto, T., & Nishibe, M. (2017). Theoretical model of institutional ecosystems and its economic implications // *Evolut Inst Econ Rev*, 14, 1–27.
- Keser, C., & Gardner, R. (1999). Strategic behavior of experienced subjects in a common pool resource game // *International Journal of Game Theory*, 28(2), 241–252.
- Kirilyuk, I. L., Kuznetsova, A. V., Senko, O. V., & Morozov, A. M. (2017). Method for detecting significant patterns in panel data analysis // *Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications)*, 27(1), 94–104.
- Ng, Y.-K. (1975). Bentham or Bergson? Finite Sensibility, Utility Functions and Social Welfare Functions // *Review of Economic Studies*, 42(4), 545–569.

- North, D. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press.
- Ostrom, E., Gardner, R., & Walker, J. (1994). *Rules, Games, and Common-pool Resources*. University of Michigan Press.
- Shapley, L. S., & Shubik, M. (1964). *Ownership and the Production Function*. Cowles Foundation Discussion Papers 167. Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University.
- Shibata, K. (1933). Marx's Analysis of Capitalism and the General Equilibrium Theory of the Lausanne School // *Kyoto University Economic Review*, 8(1), 107–136.

REFERENCES

- Akhremenko, A. S., Petrov, A. P., & Mikhailov, A. P. (2015). Formal theory in institutional political science: Is there life outside the theory of games? *Political Science*, (2), 39–61. (In Russian.)
- Anderies, J. M. (2014). Understanding the dynamics of sustainable social-ecological systems: Human behavior, institutions, and regulatory feedback networks. *Bulletin of Mathematical Biology*, 77(2), 259–280.
- Barbashin, M. Y. (2017). Imitation modeling and institutional studies. *Journal of Institutional Studies*, 9(3), 81–96. (In Russian.)
- Beddies, C. H. (2000). *Selected issues concerning monetary policy and institutional design for central banks – a review of theories*. Working Paper №140, International Monetary Fund, Washington.
- Berezovskaya, F. S., Kareva, I. G., & Karev, G. P. (2012). Is it possible to prevent the “Tragedy of Common Resource”? *Mat. Biolog. Bioinform.*, 7(1), 30–44. (In Russian.)
- Burkov, V. N., & Novikov, D. A. (2009). Theory of Active Systems – 40 years / In: V. N. Burkov & D. A. Novikov (eds.) *Theory of Active Systems*. Proceedings of the international scientific-practical conference (November 17–19, 2009, Moscow, Russia), vol I. Moscow: Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, 314 p. (In Russian.)
- Bykonya, S. F. (2010). Institutional Construction: Principles and Directions. *Scientific works of the Donetsk National Technical University. Series: Economics* (38-1), 42–49. (In Russian.)
- Castillo, D., & Saisel, A. K. (2005). Simulation of Common Pool Resource Field Experiments: A Behavioural Model of Collective Action. *Ecological Economics*, 55, 420–436.
- Chen, T.-Y. (1998). A study of bank efficiency and ownership in Taiwan. *Applied Economics Letters*, 5, 613–616.
- Chernavsky, D. S. (2009). *Synergetics and information: Dynamic information theory*. Moscow: LKI Publ., 304 p. (In Russian.)
- Gavrilets, Yu. N., & Tarakanova, I. V. (2015). Model of privatization in the conditions of economic equilibrium: the experience of computer analysis, pp. 5–19 / In: N. N. Gavrilets (ed.) *Mathematical and computer modeling of socio-economic processes*. Collection of scientific works, Issue 6. Moscow: CEMI RAS Publ. (In Russian.)
- Hashimoto, T., & Nishibe, M. (2017). Theoretical model of institutional ecosystems and its economic implications. *Evolut Inst Econ Rev*, 14, 1–27.
- Izmalkov, S., Sonin, K., & Yudkevich, M. (2008). The Theory of Economic Mechanisms (Nobel Prize in Economics 2007). *Voprosy ekonomiki*, (1), 4–26. (In Russian.)

- Katkova, M. A., & Markov, V. A. (2014). Application of transaction hysteresis effect in modelling institutional nonequilibrium economy. *Bulletin of the Tomsk polytechnic university. Social and humanity technologies*, 325(6), 112–119. (In Russian.)
- Keser, C., & Gardner, R. (1999). Strategic behavior of experienced subjects in a common pool resource game. *International Journal of Game Theory*, 28(2), 241–252.
- Kirdina, S. G. (2010). Institutional changes and the Curie principle. *Economics of Contemporary Russia*, (4), 28–62. (In Russian.)
- Kirilyuk, I. L., Kuznetsova, A. V., Senko, O. V., & Morozov, A. M. (2017). Method for detecting significant patterns in panel data analysis. *Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications)*, 27(1), 94–104.
- Kruglova, M. S. (2018). Theory of institutional design: from the search for ideal institutions to the works of Blomington school. *Terra Economicus*, 16(4), 17–28. (In Russian.)
- Makarov, V. L. (2003). Calculus of institutions. *Economics and the Mathematical Methods*, 39(2), 14–32. (In Russian.)
- Malkov, S. Yu., & Kirilyuk, I. L. (2013). Modeling the dynamics of competing communities: interaction options. *Information wars*, (2), 49–56. (In Russian.)
- Mamonov, M. Ye., & Pestova, A. A. (2015). Analysis of technical efficiency of national economies: the role of institutions, infrastructure and resource rent. *Journal of the New Economic Association*, (3), 44–78. (In Russian.)
- Nazarov, P. A. (2016). *Modeling the influence of the institutional environment on the main macroeconomic indicators*. Dissertation submitted for the degree of Cand. Sci. Economics. Moscow. (In Russian.)
- Ng, Y.-K. (1975). Bentham or Bergson? Finite Sensibility, Utility Functions and Social Welfare Functions. *Review of Economic Studies*, 42(4), 545–569.
- North, D. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- Obydenov, A. Yu. (2018). Mathematical formalization of institutions. *Strategic decisions and risk management*, (4), 54–57. (In Russian.)
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press.
- Ostrom, E., Gardner, R., & Walker, J. (1994). *Rules, Games, and Common-pool Resources*. University of Michigan Press.
- Petrov, A. A. (1999). Analysis of perestroika and reform of the Russian economy by methods of mathematical modeling. *Economic Science of Modern Russia*, (4), 7–44. (In Russian.)
- Polterovich, V. M., & Starkov, O. Yu. (2005). *Creating a massive mortgage in Russia: the problem of transplantation*. Scientific Reports №R2-2005. Saint Petersburg: Research Institute of Management, St. Petersburg State University Publ. (In Russian.)
- Polterovich, V. M., Popov, V. V., & Tonis, A. S. (2009). The concentration of income, the instability of democracy and economic growth since 2009. *Economics and Mathematical Methods*, 45(1), 15–29. (In Russian.)
- Sadovnichii, V. A., Akayev, A. A., Korotaev, A. V., & Malkov, S. Yu. (2014). *Comprehensive modeling and forecasting of the development of the BRICS countries in the context of world dynamics* / Scientific Council on the Fundamental Research Fund. Presidium of the Russian Academy of Sciences «Economics and Sociology of Science and Education». Moscow: Publishing House «Nauka». (In Russian.)
- Shapley, L. S., & Shubik, M. (1964). *Ownership and the Production Function*. Cowles Foundation Discussion Papers 167. Cowles Foundation for Research in Economics, Yale University.

- Shaposhnikova, G. A., Plotnikova, L. A., & Plotnikova, M. Yu. (2012). Mathematical modeling of the process of housing privatization in Russia taking into account the psychological and price factors. *Survey of Applied and Industrial Mathematics*, 19(4), 603. (In Russian.)
- Shibata, K. (1933). Marx's Analysis of Capitalism and the General Equilibrium Theory of the Lausanne School. *Kyoto University Economic Review*, 8(1), 107–136.
- Skoorbogatov, A. S. (2014). Evolutionary choice of institutional norms in the non-ergodic environment. *Journal of Institutional Studies*, 6(4), 98–115. (In Russian.)
- Slovohotov, Yu. L. (2010). Analogues of phase transitions in economics and demography. *Computer Research and Modeling*, 2(2), 209–218. (In Russian.)
- Tsirel, S. V. (2005). QWERTY effects, path dependence and Sedov's law, or is it possible to grow sustainable institutions in Russia. *Economic Herald of Rostov State University*, 3(3), 44–56. (In Russian.)
- Tuktamysheva, L. M. (2014). Evaluation of the impact of WTO conditions on the dynamics of socio-economic indicators of the Orenburg region. *Bulletin of Orenburg State University*, (14), December, 471–476. (In Russian.)
- Vasin, A. A. (2009). Evolutionary game theory and economics. Part 1. Principles of optimality and models of behavior dynamics. *Journal of the New Economic Association*, (3), 10–27. (In Russian.)
- Vasin, A. A. (2010). Evolutionary game theory and economics. Part 2. Stability of equilibria. Peculiarities of the evolution of social behavior. *Journal of the New Economic Association*, (5), 10–27. (In Russian.)
- Volchik, V. V. (2003). Institutionalism: the secondary nature of the new myth? (Opportunities and Limits of Institutional Economics). *The Economic Herald of Rostov State University*, 1(1), 126–134. (In Russian.)
- Volynskii, A. I. (2018). Institutional design and theory of reforms in Russian economic discourse. *Terra Economicus*, 16(4), 29–40. (In Russian.)
- Yanovski, K., & Shulgin, S. (2008). Institutions, Democracy and Economic Growth, a Test of 180 Years of Development. *Economic Policy*, (3), June, 57–75. (In Russian.)
- Zhuk, A. A. (2011). The failures of the institutional construction of a competitive environment. *Economic Sciences*, (5), 44–49. (In Russian.)