

УДК 338

**Перспективы использования имитационного
моделирования при прогнозировании
социально-экономического развития региона**

Баркалова Татьяна Григорьевна

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник,
НИС МарГУ,
424000, Республика Марий Эл, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1;
e-mail: Barkalova_tg@mail.ru

Кокоткина Татьяна Николаевна

Кандидат экономических наук, доцент,
кафедра прикладной статистики и информатики,
НИС МарГУ,
424000, Республика Марий Эл, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1;
e-mail: fresty@mail.ru

Васильева Евгения Олеговна

Аспирант,
НИС МарГУ,
424000, Республика Марий Эл, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1;
e-mail: jos92@mail.ru

Беспалов Дмитрий Эдуардович

Аспирант,
НИС МарГУ,
424000, Республика Марий Эл, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1;
e-mail: dmitriy_bespalov12@mail.ru

Царегородцев Евгений Иванович

Профессор,
кафедра бухгалтерского учета и аудита,
НИС МарГУ,
424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина 1;
e-mail: evgts@marsu.ru

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению имитационного моделирования как инструмента прогнозирования социально-экономического развития регионов. Выделяются основные преимущества и недостатки метода, проводится анализ существующих подходов и построенных моделей, сравниваются результаты и делаются выводы о применимости имитационных моделей. На основе проведенного исследования выдвигаются предположения о дальнейшем использовании имитационного моделирования для прогнозирования социально-экономического развития регионов. С помощью этого класса моделей регионального развития посредством ряда последовательных вычислений можно прогнозировать траекторию развития практически любой социально-экономической системы с установленными параметрами при воздействии различных факторов и условий. В основе методологии прогнозирования экономической деятельности региона лежит концепция, согласно которой прогноз представляется как результат изменения исходного состояния модели региона на определенную перспективу при задаваемых сценарных условиях.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 16-18-10017 Комплекс программ прогнозирования экономического развития региона.

Для цитирования в научных исследованиях

Баркалова Т.Г., Кокоткина Т.Н., Васильева Е.О., Беспалов Д.Э., Царегородцев Е.И. Перспективы использования имитационного моделирования при прогнозировании социально-экономического развития региона // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2016. № 9. С. 44-59.

Ключевые слова

Имитационное моделирование, прогнозирование, развитие региона, агентное моделирование.

Введение

В условиях кризиса и неустойчивости экономического развития управленческие решения становятся особенно сложными, они характеризуются высокой динамичностью. Управленцы макроуровня сталкиваются с необходимостью реагировать на изменяющиеся условия и работать с пересекающимися потоками управляющих воздействий. Залогом успешного и устойчивого развития любого региона станут проработанные, последовательные, эффективные решения, которые одновременно должны быть планомерны и научно обоснованы. В связи с этим вопрос изучения социально-экономического развития региона становится особенно актуальным.

Регион является сложной социально-экономической системой, которая характеризуется большим количеством разнородных переменных и обратных связей, а также объединяет в себе непрерывно протекающие, дискретные и вероятностные процессы. Для осуществления управления такой сложной системой требуется соответствующий инструментарий. Традиционные количественные методы трудно применимы для описания сложных систем и прогнозирования их состояния в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Для преодоления этих трудностей используется имитационное моделирование. С помощью этого класса моделей регионального развития посредством ряда последовательных вычислений можно прогнозировать траекторию развития практически любой социально-экономической системы с установленными параметрами при воздействии различных факторов и условий. В основе методологии прогнозирования экономической деятельности региона лежит концепция, согласно которой прогноз представляется как результат изменения исходного состояния модели региона на определенную перспективу при задаваемых сценарных условиях. В процессе моделирования исходная база данных переносится в точку прогнозирования через построенную модель причинно-следственных связей. [Хасаев, Цыбатов, 2002].

Метод имитационного моделирования позволяет создавать модели сложных систем, описывая слабо структурируемые социально-экономические процессы в условиях неопределенности с учетом стохастических факторов различной природы, а также формировать и оценивать многовариантные сценарии развития исследуемой системы или процесса, анализировать эффективность управленческих решений и выбирать наиболее оптимальный вариант развития [Царегородцев, 1998; Царегородцев, Семагин, Мосунова, 2009; Тимиргалеева, Гришин, 2015].

Имитационное моделирование является весьма популярным методом описания экономических процессов. К настоящему моменту существует достаточно много концепций имитационного моделирования тех или иных процессов и явлений. Под «имитацией» обычно понимают воспроизведение явлений, событий, действий, объектов. Имитационное моделирование является экспериментальной методикой исследования действительно существующей экономической системы по ее созданной симуляционными методами модели, которая несет в себе сочетание особенностей экспериментального подхода и специфических принципов применения электронной вычислительной техники [Ильин, 2007] При этом в модели обеспечивается сохранение соответствия между параметрами.

Подходы имитационного моделирования

К основным подходам имитационного моделирования следует отнести: системную динамику, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование [Коровин, 2012]. Также в исследованиях встречаются динамическое моделирование [там же], объединенный

подход [Журавлев, 2009], сети кусочно-линейных агрегатов [Лычкина, 2000] и др. В нашей статье мы рассмотрим три основных подхода, являющихся наиболее распространенными на данный момент.

Системная динамика представляет собой методологию и математический способ моделирования, используемый, чтобы обрисовать, понять и иметь возможность обсудить вопросы сложной структуры. Первоначально разработанный Дж. Форрестером, чтобы помочь корпоративным менеджерам улучшить их понимание производственных процессов, системная динамика используется в настоящее время в рамках государственного и частного сектора для анализа и разработки политики действий.

Процессы, протекающие в современном мире, в системной динамике представлены с точки зрения накопителей и транзактов, существующих между ними. Системно-динамические модели описывают поведение системы и ее структуру в виде ряда взаимодействующих как положительных, так и отрицательных обратных связей, а также временных задержек. Системный подход строит графические диаграммы причинно-следственных связей и влияний глобальных факторов на различные параметры, и затем создает на основе этих диаграмм компьютерную модель. При моделировании указанным способом, оперируют не с отдельными экономическими объектами, а с агрегированными элементами (агрегированный покупатель, агрегированный поставщик услуг). Таким образом происходит обезличивание конкретных субъектов, их поведение рассматривается как экономически эффективное и рациональное. Это допущение может приводить к неадекватным результатам прогноза, так как рациональность принятия решений индивидуумами весьма спорный вопрос. Условия могут выходить за рамки исследования, предсказать их может не представляться возможным.

С помощью системной динамики можно спрогнозировать динамику изменений основных социально-экономических параметров региона благодаря наличию дифференциальных уравнений, а также зависимостей от лаговых переменных, полученных инструментами эконометрики или нейроинформатики. [Гафарова, 2013]. Системная динамика способна выявить причинно-следственные связи и глобальные взаимозависимости в рассматриваемой системе. Программные средства, опирающиеся на системную динамику: VenSim, PowerSim, iThink, DYNAMO, Stella, ModelMaker и др.

Появление дискретно-событийного моделирования связано с именем Дж. Гордона. В начале 1960-х годов он спроектировал и реализовал систему GPSS. С помощью этой системы можно построить модели, представленные серией различных состояний, которые изменяются мгновенно в течение некоторого времени. Дискретно-событийные модели работают с пассивными транзактами или заявками на обслуживание. Каждое событие происходит в определенный момент времени и отмечается как изменение состояния системы. Между последовательными событиями предполагается, что не происходит никаких изменений в системе; таким образом, модель может перейти непосредственно от одного события к другому. В качестве транзакта может выступать как работник, так и сырье, сигнал, ресурс и дру-

гой объект хозяйственной деятельности. Передвигаясь по модели, транзакты становятся в очередь к одноканальным и многоканальным устройствам, занимают, а затем освобождают их, после чего уничтожаются. [Рванцов, 2011] Правила, регулирующие порядок, в котором эти действия происходят и условия для них, могут быть чрезвычайно сложными. Каждому транзакту могут быть предписаны характеристики, которые определяют его поведение в системе. Длительность активностей обычно задается функцией распределения вероятностей.

Дискретно-событийное моделирование является одним из самых широко применяемых подходов в области исследования социально-экономических, технических, логистических и других процессов. Аналитические результаты подобных моделей применяются в теории массового обслуживания [Чернышова, 2010].

Помимо системы GPSS, к данному подходу моделирования можно отнести такие системы, как Arena, Extend, SimProcess, Enterprise Dynamics, Auto-Mod и др. Необходимо заметить, что на основе данного подхода воплощено в жизнь наибольшее число из всех систем имитационного моделирования.

Агент-ориентированное моделирование представляет собой довольно новое направление, учитывающее как индивидуальное поведение активных объектов (агентов), так и их взаимодействие. Модели на основе агентного подхода состоят из динамически-взаимодействующих по определённым правилам агентов. С помощью этого подхода могут быть созданы системы, сложность которых сравнима с реальным миром. В отличие от системной динамики, агентный подход может позволить оперировать не обобщенными элементами системы, а всей совокупностью агентов с определенным характеристическим набором (к примеру, в качестве таковых агентов могут выступать агенты-потребители, агенты-производители). Агентное моделирование впервые было применено в 90-х годах, и в наше время применяется в области исследования децентрализованных систем, динамика работы которых определяется не влиянием глобальных правил и законов (как в других схемах моделирования), а когда эти глобальные правила и законы выявляются в результате индивидуальной деятельности членов группы. Целью агентных моделей является получение представления о данных глобальных правилах, общем образе действий системы, исходя из предположений об индивидуальном и частном поведении ее отдельных активных частей и взаимодействии этих частей в системе. В некотором смысле, агентные модели могут быть дополнением к традиционным аналитическим методам. Там, где аналитические методы позволяют лишь охарактеризовать равновесие системы, агентный подход допускает возможность создания этого равновесия. Эта особенность может стать основным преимуществом агентного моделирования. Агентные модели также могут быть использованы для определения критических точек, определенных как точки во времени, в которых вмешательства могут иметь решающее значение и менять последующий путь развития системы. В случае создания симуляционной модели экономических систем, имеющих значительные количества активных объектов (людей, машин, предприятий, проектов, активов, товаров и т. п.),

которые объединены наличием элементов индивидуального поведения, агентное моделирование становится наиболее универсальным и мощным подходом, так как имеет возможность учесть всю сложность структуры и любое ее поведение [Коровин, 2012].

Среди программных продуктов, поддерживающих агентное моделирование, имеет смысл выделить следующие: MASON, NetLogo, Repast, Swarm, а также российскую программу AnyLogic. Последний зарекомендовал себя как мощный и удобный инструмент за счет применения объектно-ориентированного подхода. Данный продукт реализует совокупный подход за счет предоставления возможности создания гибридных моделей на основе различных подходов имитационного моделирования [там же].

Следует также выделить появляющиеся библиотеки для имитационного моделирования. Среди них стоит отметить программную библиотеку Aivika. Основная и обобщенная версии библиотеки Aivika направлены, главным образом, на дискретно-событийное моделирование, при этом есть возможность построения системно-динамических и агентных моделей. Более того, обобщенная версия подходит как для вложенного моделирования, так и для распределенного параллельного моделирования (реализована оптимистичная стратегия с прозрачными откатами). Aivika позволяет специалисту на уровне языка программирования Haskell оперировать событиями, дискретными процессами, ресурсами, очередями, серверами, потоками транзактов и их обработчиками. Она позволяет одновременно как определять события и процессы, углубляясь в низкоуровневые детали поведения моделируемых сущностей, так и создавать высокоуровневые сети очередей декларативным способом [Сорокин, 2015].

Наиболее подходящими для создания моделей социально-экономических систем являются агентная и системно-динамическая методики. Это связано с различными подходами экономической теории. Наиболее распространена и развита в наше время неоклассическая экономическая школа, которая описывает экономику предельными величинами. Эти модели представлены в виде систем дифференциальных уравнений и, следовательно, соответствуют методологии системной динамики. Модель, созданная на основе совмещения различных подходов, использует системную динамику на высоком уровне абстракции (для описания поведения макросистем), тогда как агентное моделирование – на низком (для описания поведения отдельных экономических агентов), благодаря чему можно достичь более точного отражения социально-экономической динамики исследуемого региона.

Обзор моделей социально-экономического развития региона

В исследовании будут рассматриваться наиболее известные международные и российские модели социально-экономического развития различных регионов, основанные на системной динамике и имитационном моделировании.

Обзор имитационных моделей, создаваемых для прогнозирования развития различных регионов можно начать с описания готовых решений, которые предлагаются некоторыми

компаниями. К примеру, можно рассмотреть такие решения, как симулятор «Dream Valley» [IASA, www], программно-инструментальный комплекс «Прогноз» (ЗАО «Прогноз») [Lehtonen, Bärlund, Tattari, Hilden, 2007]. Другой широко известный аналог реализации рассматриваемого подхода – территориальная автоматизированная система «ТАИС» [Рванцов, 2011]. Также можно отметить систему анализа и моделирования динамики бюджета региона «Губернатор». [Лычкина, 2013].

В опытной версии модели «DreamValley» описывается социально-экономическая ситуация региона, а также моделируются состояния индивидуумов, населяющих конкретную географическую территорию и работающих на расположенных там же предприятиях. Заводы производят товар, продают его на рынке, платят налоги и затем вкладывают часть своих доходов в накопление капитала. Так как производственный процесс наносит вред окружающей среде, загрязняя ее, то в свою очередь окружающая среда наносит вред здоровью людей. В связи с этим правительство вынуждено использовать часть поступающего налога на поддержание системы общественного здравоохранения [IASA, www].

С помощью построенной модели в 2014 году проанализировано, каким будет поведение регионов Финляндии при появлении глобальных экономических шоков, а также проводилось сравнение структурных особенностей регионов, оценивались последствия различных политик правительства, проводимых с целью нейтрализации негативных последствий экономических шоков. В 2014-15 годах данная модель с некоторыми модификациями была использована для моделирования социально-регионального развития Республики Корея. С помощью нее изучалась динамика корейской экономики при наступлении экономических шоков, анализировались последствия от применяемых политик правительства.

Приведенные в Таблице 1 программные комплексы разрабатываются для мониторинга и оценки экономического состояния регионов, анализа возможных вариантов развития при наступлении кризисных состояний. Если рассматривать методологию, используемую данными продуктами, то это чаще всего набор зависимостей и дифференциальных уравнений, описывающих состояние экономики в краткосрочной перспективе. Для описания математической модели используются существующие экономико-математические методы, на основе экспертных оценок вводятся возможные варианты шоков, задаются исходные данные и проверяются выходные данные. Для таких программ сложным моментом является интерпретация полученных данных и обеспечение необходимой адекватности результатов моделируемым объектам.

Следующий блок моделей представляет собой модели, учитывающие специфику конкретного региона. Среди таких моделей можно выделить имитационные модели разных стран. Линейно-динамическая имитационная модель ABPPS (Х. Панг, Т. Берг, М. Макерехин, Дж. Бесараб Канада) моделирует экономические результаты и выбор оптимальной стратегии управления отраслями животноводства. Модель сельскохозяйственного сектора США AGMOD and SWOPSIM, а также разработанная канадскими экономистами мо-

дель производства продукции КРС ABPPS (Alberta Beef Productions Simulations System). Линейно-динамическая модель агросектора Финляндии DREMFIA (Х. Оехтонен Финляндия) – осуществляет экономико-математический анализ структурных изменений агросектора Финляндии, прогноз перспективных объемов производства продукции агросектора Финляндии на среднесрочную перспективу. Модель агросектора Франции MAGALI (министерство сельского хозяйства Франции, Национальный институт с/х исследований Франции) строит имитацию последствий принятия решений для развития аграрной сферы с/х территорий, динамики цен на с/х продукцию, занятости сельского населения, стоимости факторов производства.

Таблица 1. Готовые решения для прогнозирования социально-экономического прогнозирования региона

№	Название модели/ разработчик	Структура модели	Достоинства	Недостатки
1.	Dream Valley/ Международный институт прикладного системного анализа (IIASA) Австрия	Экономические агенты: население, 27 экономических секторов, правительство	Описание динамики развития региона при воздействии внутренних и внешних шоков. Тестирование потенциально-возможных эффектов различных политических решений.	Не имеется возможностей для прогнозирования экономической и демографической ситуации в будущем.
2.	«Прогноз»/ ЗАО «Прогноз». Андрианов Д.Л. Россия	Блок сценарных условий, 4 блока параметров (производства, населения, занятости, финансов), блок комплексной оценки развития регионов	Комплексное прогнозирование территориального развития; Реализация сценарных расчетов; Возможность решения обратных задач.	Сложность информационного обеспечения; Слабая сбалансированность и точность результатов прогнозирования.
3.	«Губернатор» ООО «Франклин & Грант. Риск консалтинг». Россия	4 подсистемы: сценарное моделирование, оценка состояния региональной экономики, оценка исполнения бюджета, когнитивное моделирование	Использование модульной системы Возможность отслеживать и корректировать ход моделирования Высокая гибкость Применение нескольких типов моделирования	Высокая стоимость Узкая специализация Сложная адаптация для конкретного региона Использования ряда статистических показателей, не отслеживаемых официальной статистикой.

К моделям, использующим системно-динамический подход, можно отнести модельный комплекс СИРЕНА-2 (Синтез региональных народно-хозяйственных решений), территориальную автоматизированную систему ТАИС Самарской государственной академии, аналитическую систему «Моделирование социально-экономического развития региона», систему прогнозирования региона института информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН, модель Кировской области, построенную вычислительным центром им. А.А. Дороницына РАН.

Все приведенные в данной таблице модели, если верить разработчикам, позволяют осуществлять долгосрочное и краткосрочное прогнозирование главных социально-экономических и финансовых показателей исследуемого региона, создавать и исследовать

различные варианты стратегий регионального развития. Кроме того, симулятор СИРЕНА-2 является многорегиональным, ввиду чего позволяет выполнять межрегиональные сравнения, а также выявлять направления и тенденции развития нескольких регионов одновременно. Существенной недоработкой приведенных выше моделей можно считать игнорирование в процессе исследований моделирования инноваций.

Таблица 2. Системно-динамические имитационные модели регионального развития

№	Название модели/ Разработчик	Структура модели	Достоинства	Недостатки
4	Линейно-динамическая модель агросектора Финляндии DREMFA [10]/ (Х. Оехтонен, Финляндия)	Центральное ядро – блок оптимизации, моделирующей конкурентные рынки Оптимизационная задача имитирования рыночных изменений рассчитывается ежегодно	Позволяет имитировать динамику производства с/х продукции на среднесрочную долгосрочную перспективу. Строит прогноз производства до 2020 и устойчивое состояние до 2050	Узкоспециализирована Некоторые параметры оцениваются экспертным методом
5	Территориальная автоматизированная система (ТАИС) / Самарская государственная экономическая академия	Экономические агенты: хозяйствующие субъекты сектора производства товаров и рыночных услуг; хозяйствующие субъекты сектора нерыночных услуг; домашние хозяйства; региональное руководство; Федеральное руководство; внешнее окружение.	Сбалансированность прогнозов; Возможность учета экспертных знаний; Прогнозирование в отраслевом и территориальном разрезах.	Ограниченность использования методов сценарного анализа
6	Модельный комплекс СИРЕНА-2 (Синтез региональных народно – хозяйственных решений) / Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН	Структура региональной подсистемы: трудовые ресурсы и население; капитальные вложения; локальные ресурсы (земельные, водные); транспорт; межрегиональные связи; социальные факторы	Проведение межрегиональных сравнений Возможность выявления динамики и тенденций развития нескольких регионов одновременно. Системность. Ориентация на практику применения. Возможность различных модификаций.	Отсутствие персонализации субъектов реализации решений. Большая агрегированность показателей
7.	Аналитическая система «Моделирование социально-экономического развития региона» / Государственный университет управления	Подсистемы: население; производство; непродовольственная сфера; внешняя экономическая сфера; пространство; финансы; экология	Возможность анализа непропорциональности развития регионов. Социальная направленность модели: рассматривается развитие систем здравоохранения и образования, а также жилой фонд, Детализация потенциала природных ресурсов исследуемого региона.	Отсутствие учета инновационной составляющей.
8	Модель Кировской области/ Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН	Компоненты: трудовые ресурсы; добывающая промышленность (ТЭК); перерабатывающая промышленность (рыбопромышленный комплекс).	Исследуется нелегальный выпуск продукции и «черная» заработная плата.	Отсутствие учета инновационной составляющей

Указанные в таблице региональные модели также имеют между собой различия по применяемым экономико-математическим инструментам, являющимся фундаментом всего имитационного моделирования (дифференциально-интегральные уравнения, нейронные сети, эконометрические уравнения и др.), а также способам обеспечения сохранения баланса между спросом и предложением на рассматриваемых рынках.

Наконец, рассмотрим агентные модели регионального развития. Такие модели представлены в Таблице 3. Количество подобных моделей намного меньше, они не так распространены, как системно-динамические модели. Все представленные модели характеризуются низким уровнем абстракции, в качестве агентов выделены как люди, так и предприятия, секторы экономики. Экономические агенты могут относиться как к конкретному географическому району, так и ко всему исследуемому региону (агенты, отвечающие за функции государства). Некоторые виды взаимодействий могут происходить в границах одного рассматриваемого географического района, а некоторые – между агентами всего исследуемого региона.

Таблица 3. Агентные модели регионального развития

№	Название модели/ Разработчик	Структура модели	Достоинства	Недостатки
9	Модель региона Российской Севера [3/ Сыктывкарский государственный университет	Уровни: экономические агенты; район; регион. Агенты: человек; предприятие; банк; собственник; район; государство.	Возможно осуществление экспериментов с целью определения оптимальных значений конкретных показателей, оптимизирующих целевую функцию; Разбиение модели по отдельным географическим районам и экономическим агентам, что дает возможность применять ее также в решении задач управления муниципального и районного уровней.	Отсутствие учета инновационной составляющей и теневого сектора
10	Агент – ориентированная региональная модель «Губернатор» / Центральный экономико – математический институт РАН	Агенты: физические лица; юридические лица; муниципальные районы.	Учитывается человеческий фактор Осуществляется моделирование индивидуальных действий агентов – «физических лиц»: рождение, обучение, устройство на работу, смена рода деятельности, смена места проживания, изменение отношения к труду, смерть.	Имеет ограничения, такие как – , предположение полного отсутствия безработицы, в связи с чем требуется дальнейшая доработка.
11	Агент – ориентированная модель г. Москвы/ Центральный экономико – математический институт РАН	Агенты: люди; предприятия. Среда модели: районы; дороги; общественный транспорт (метро)	Возможность проведения расчетов ключевых социально-экономических показателей развития г. Москвы (численность населения, ВРП, уровень безработицы, усредненные доходы на душу населения).	Узкая направленность

Агенты могут включать системно-динамические диаграммы, алгоритмы правил поведения, переменные, диаграммы состояния. Созданная при помощи представленной методики исследований модель имеет возможность прогнозирования развития социально-экономической системы при условии воздействия различных факторов, а также определить наиболее оптимальную стратегию управления. В процессе проведения исследований возможно осуществление экспериментов для определения оптимальных значений отдельных показателей, оптимизирующих целевую функцию.

В заключение необходимо сказать, что развитие агентного и системно-динамического моделирования, а также программного обеспечения в области имитационного моделирования могут открыть перед учеными огромные перспективы для дальнейшего исследования проблем, которые могут появиться при моделировании эффектов от возможных воздействий различных внешних и внутренних факторов, влияющих на устойчивость конкретной системы.

Заключение

Ключевыми преимуществами имитационного моделирования являются:

- возможность описания сложных систем, характеризующихся множеством нелинейных связей и большим количеством разнородных переменных;
- воспроизведение поведенческих аспектов и динамичных процессов окружающей среды;
- возможность выявления закономерностей, динамики и тенденций развития и функционирования сложной экономической системы в условиях отсутствия точной информации либо ее малого количества;
- описание поведения и взаимодействия множества активных агентов в исследуемых социальных системах;
- реализация возможностей объектно-ориентированного проектирования и применение высокотехнологичных решений при проведении компьютерного моделирования и др. [Лычкина, 2013];
- использование модульной структуры при создании информационной системы на их основе, так как такой подход имеет возможность использовать ресурсы имеющегося оборудования с наибольшей эффективностью, что в свою очередь сокращает время обработки данных;
- возможность осуществления контроля за показателями на всех этапах моделирования как в комплексе, так и по отдельности.

Естественно, имитационные модели не лишены недостатков. Прежде всего, стоит отметить высокую стоимость самой разработки имитационной модели. Так, для модели регионального уровня требуется вовлечение не одного специалиста, а целого коллектива. Временные затраты на построение подобной модели также велики. С точки зрения внедрения результатов

моделирования стоит отметить необходимость финансовой и информационной поддержки, а также обучения персонала органов государственной власти региона. Также существует сложность со сбором исходных данных для имитационной модели. Они не всегда собираются и анализируются Росстатом. Это может существенно снизить адекватность модели.

Таким образом, можно отметить, что созданная на основе объединения различных подходов модель будет использовать системную динамику на высоком уровне абстракции (для описания поведения макросистем), а агентное моделирование – на низком (для описания поведения отдельных экономических агентов), благодаря чему имеется возможность более точного описания социально-экономической динамики региона.

С помощью применения моделирования удалось понять внутренние механизмы развития различных экономических процессов, скрывающиеся за видимой, часто, казалось бы, парадоксальной, картиной экономических явлений, которая не укладывалась в известные теоретические схемы. Опыт использования моделей показал, что они служат надежным инструментом проведения анализа макроэкономических закономерностей, а также прогнозирования последствий макроэкономических решений при условии сохранения сложившихся отношений.

Библиография

1. Гафарова Е.А. Имитационные модели комплексного регионального развития // УБС. 2013. № 45. С. 206-221.
2. Журавлев С.С. Краткий обзор методов и средств имитационного моделирования производственных систем // Проблемы информатики. 2009. № 3. С. 47-53.
3. Ильин А.А. Имитационное моделирование экономических процессов. Тула, 2007. 121 с.
4. Коровин А.М. Анализ подходов и программного обеспечения для имитационного моделирования социальных и экономических систем // Вестник ЮУрГУ. 2012. № 35. С. 98-100.
5. Лычкина Н.Н. Динамическое имитационное моделирование развития социально-экономических систем и его применение в информационно-аналитических решениях для стратегического управления // Стратегии бизнеса. 2013. № 2. С.44-49.
6. Лычкина Н.Н. Современные технологии имитационного моделирования и их применение в информационных бизнес-системах // Банковские технологии. 2000. № 9. С. 60-63.
7. Рванцов Ю.А. Сравнительный анализ систем имитационного моделирования деловых процессов по критерию функциональной полноты // Вестник ДГТУ. 2011. Т. 11. № 1 (52). С. 69-73.
8. Сорокин Д.Э. Айвика: имитационное моделирование в терминах вычислений // ИМ-МОД. 2015. № 11. С.262-266.
9. Тимиргалеева Р.Р., Гришин И.Ю. Экономико-математическая модель формирования оптимального ассортимента туристско-рекреационных услуг // Новое слово в науке:

- перспективы развития материалы III Международной научно–практической конференции. 2015. С. 218-220.
10. Царегородцев Е.И. Организация и экономическая эффективность адаптивного управления в аграрном секторе АПК: автореф. дис. ... д-ра экон. Наук. Йошкар-Ола, 1998. 311 с.
 11. Царегородцев Е.И., Семагин И.А., Мосунова Т.Г. Процентная политика как инструмент формирования позитивных тенденций в экономике // Вестник Университета управления. 2009. № 23. С. 81-88.
 12. Чернышова Н.Н. Имитационное моделирование бизнес-процессов. Нижний Новгород: НГУ им. Лобачевского, 2010. 28 с.
 13. Хасаев Г.Р., Цыбатов В.А. Технология прогнозирования регионального развития: опыт разработки и использования // Проблемы прогнозирования. 2002. № 3. С. 47-58.
 14. IIASA. URL: <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/AdvancedSystemsAnalysis/Dream-Valley.en.html>
 15. Lehtonen, H., Bärlund, I., Tattari, S., Hilden, M. Combining dynamic economic analysis and environmental impact modelling: addressing uncertainty and complexity of agricultural development // Environmental modelling & software. 2007. № 22(5). P. 710-718.

Prospects of use of simulation modeling in forecasting of region's socio-economic development

Tat'yana G. Barkalova

PhD in Economics, Senior Researcher,
Department of scientific research,
Mari State University,
424000, 1 Lenina av., Yoshkar-Ola, Mari El Republic, Russian Federation;
e-mail: Barkalova_tg@mail.ru

Tat'yana N. Kokotkina

PhD in Economics, Associate Professor,
Department of applied statistics and informatics,
Department of scientific research,
Mari State University,
424000, 1 Lenina av., Yoshkar-Ola, Mari El Republic, Russian Federation;
e-mail: fresty@mail.ru

Evgeniya O. Vasil'eva

Postgraduate,
Department of scientific research,
Mari State University,
424000, 1 Lenina av., Yoshkar-Ola, Mari El Republic, Russian Federation;
e-mail: jos92@mail.ru

Dmitrii E. Bespalov

Postgraduate,
Department of scientific research,
Mari State University,
424000, 1 Lenina av., Yoshkar-Ola, Mari El Republic, Russian Federation;
e-mail: dmitriy_bespalov12@mail.ru

Evgenii I. Tsaregorodtsev

Professor,
Department of accounting and auditing,
Mari State University,
424000, 1 Lenina av., Yoshkar-Ola, Mari El Republic, Russian Federation;
e-mail: evgts@marsu.ru

Abstract

The article is devoted to the simulation as a forecasting tool of regions' socio-economic development. The authors highlight the main advantages and disadvantages of the method, give the analysis of existing approaches and the constructed models, compare the results and draw conclusions about the applicability of simulation models. Key advantages of simulation are: possibility of describing complex systems; reproduction of behavioral aspects and dynamic processes of the environment; ability to identify patterns, dynamics and trends of development and functioning of a complex economic system in the absence of accurate information; description of the behavior and interaction of many active agents in the study of social systems; ability to monitor performance at all stages of modeling as a package, or separately. It is worth noting the high cost of the development of the simulation modeling of production systems. There is also the difficulty with the collection of initial data for the simulation model. The authors say about the future use of simulation for forecasting of regions' socio-economic development. The methodology of forecasting of the region's economic activity is based on the concept, according to which the forecast is presented as a result of changes in the initial state of the region model for a certain term, with specified conditions. The use of modeling has helped to understand the underlying mechanisms of development of different economic

processes behind the visible, often paradoxical pattern of economic phenomena that had not fit into the known theoretical schemes. Experience showed that they are a reliable tool for the analysis of macroeconomic regularities, and predicting the effects of macroeconomic decisions while maintaining existing relations.

For citation

Barkalova T.G., Kokotkina T.N., Vasil'eva E.O., Bepalov D.E., Tsaregorodtsev E.I. Perspektivy ispol'zovaniya imitatsionnogo modelirovaniya pri prognozirovanii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 9, pp. 44-59.

Keywords

Simulation modeling, forecasting, regional development, agent-based modeling.

References

1. Chernyshova N.N. (2010) *Imitatsionnoe modelirovanie biznes-protsessov* [Simulation modeling of business processes.]. Nizhnii Novgorod: N.I. Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod.
2. Gafarova E.A. (2013) *Imitatsionnye modeli kompleksnogo regional'nogo razvitiya* [Simulation model of integrated regional development]. *Upravlenie bol'shimi sistemami* [Administration of large systems], 45, pp. 206-221.
3. Il'in A.A. (2007) *Imitatsionnoe modelirovanie ekonomicheskikh protsessov* [Simulation modeling of economic processes]. Tula.
4. Khasaev G.R., Tsybatov V.A. (2002) *Tekhnologiya prognozirovaniya regional'nogo razvitiya: opyt razrabotki i ispol'zovaniya* [Technology of regional development forecasting: the experience of development and use]. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of forecasting], 3, pp. 47-58.
5. Korovin A.M. (2012) *Analiz podkhodov i programmnoy obespecheniya dlya imitatsionnogo modelirovaniya sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistem* [Analysis of approaches and program software for simulation modelling of social and economic systems]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the South Ural State University], 35, pp. 98-100.
6. Lehtonen, H., Bärlund, I., Tattari, S., Hilden, M. (2007) Combining dynamic economic analysis and environmental impact modelling: addressing uncertainty and complexity of agricultural development. *Environmental modelling & software*, 22 (5), pp. 710-718.
7. Lychkina N.N. (2013) *Dinamicheskoe imitatsionnoe modelirovanie razvitiya sotsial'no-ekonomicheskikh sistem i ego primenenie v informatsionno-analiticheskikh resheniyakh dlya strategicheskogo upravleniya* [Dynamic simulation of socio-economic systems and its appli-

- cation in the information-analytical solutions for the strategic management]. *Strategii biznesa* [Business strategies], 2, pp. 44-49.
8. Lychkina N.N. (2000) Sovremennyye tekhnologii imitatsionnogo modelirovaniya i ikh primeneniye v informatsionnykh biznes-sistemakh [Modern simulation modelling technologies and their application in informational business systems]. *Bankovskie tekhnologii* [Banking technologies], 9, pp. 60-63.
 9. Rvantsov Yu.A. (2011) Sravnitel'nyi analiz sistem imitatsionnogo modelirovaniya delovykh protsessov po kriteriyu funktsional'noi polnoty [Comparative analysis of systems for simulation modeling of business processes according to the criterion of functional completeness]. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Don State Technical University], 1 (52), 11, pp. 69-73.
 10. Sorokin D.E. (2015) Aivika: imitatsionnoe modelirovanie v terminakh vychislenii [Ivica: simulation in terms of computing]. *Imitatsionnoe modelirovanie* [Simulation modeling], 11, pp. 262-266.
 11. *The International Institute for Applied Systems Analysis*. Available at: <http://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/AdvancedSystemsAnalysis/Dream-Valley.en.html> [Accessed 06/05/2016].
 12. Timirgaleeva R.R., Grishin I.Yu. (2015) Ekonomiko-matematicheskaya model' formirovaniya optimal'nogo assortimenta turistsko-rekreatsionnykh uslug [Mathematical model of formation of optimum assortment of tourist-recreational services]. *Materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Novoe slovo v nauke: perspektivy razvitiya"* [Proc. Conf. "The new word in science: prospects for development"]. Cheboksary, pp. 218-220.
 13. Tsaregorodtsev E.I. (1998) *Organizatsiya i ekonomicheskaya effektivnost' adaptivnogo upravleniya v agrarnom sektore APK. Dokt. Diss. Abstract* [Organization and economic effectiveness of adaptive management in the agricultural sector APK. Doct. Diss. Abstract]. Ioshkar-Ola.
 14. Tsaregorodtsev E.I., Semagin I.A., Mosunova T.G. (2009) Protsentnaya politika kak instrument formirovaniya pozitivnykh tendentsii v ekonomike [Interest rate policy as a factor for stable economic growth]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta upravleniya* [Bulletin of the State University of Management], 23, pp. 81-88.
 15. Zhuravlev S.S. (2009) Kratkii obzor metodov i sredstv imitatsionnogo modelirovaniya proizvodstvennykh sistem [Brief overview of methods and tools for simulation modeling of production systems]. *Problemy informatiki* [Problems of informatics], 3, pp. 47-53.