

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ЛЫЧКИНА НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА

Финансовый университет при Правительстве РФ

Научно-исследовательский университет «Высшая школа экономики»

**Abstract.** Рассмотрены основные методы имитационного моделирования социально-экономических систем и процессов: системная динамика и много-агентное компьютерное моделирование, их возможности в исследовании динамических аспектов процессов стратегического развития социально-экономических систем. Предложены методы композитного сочетания системно-динамических и агентных моделей, позволяющие исследовать динамику социально-экономических процессов посредством циклической взаимосвязи процессов индивидуального и группового поведения экономических и социальных агентов на микроуровне с базовыми процессами развития социально-экономической системы на макроуровне. В докладе обозначены основные направления совершенствования технологии имитационного моделирования и сценарного подхода в процедурах стратегического планирования и развития социально-экономических систем.

*Утверждение основ стратегического планирования* в Российской Федерации, согласование стратегических целей общества, государства и бизнеса и формирование консолидированного сценария стратегического развития территорий и отраслей РФ, обоснование и анализ реализации государственных проектов и программ, основанных на принципах и методах долгосрочного программно-целевого управления, определяют необходимость в совершенствовании аналитики и технологий стратегического планирования в государственном управлении на базе ситуационных и аналитических центров Правительства и регионов РФ и поиска методов компьютерного моделирования развития социально-экономических систем, адекватных современным российским экономическим реалиям.

Современную социально-экономическую ситуацию в России можно охарактеризовать как соответствующую процессам становления рыночных отношений, введения соответствующих институциональных форм и механизмов, развитие либерально-демократических форм в социально-политической жизни общества, что в целом соответствует переходным процессам в экономической и социальной жизни общества. Смена экономических парадигм, изменение

условий общественной жизни, поиск путей и сценариев стабильного и устойчивого развития, требует изменения методов компьютерного моделирования нестационарных процессов социально-экономического развития. Методы моделирования, хорошо работавшие в условиях социалистической экономики (стационарные условия), не позволяют адекватным образом описать динамические аспекты и генезис процессов развития, самоорганизации в условиях становления новых форм экономической и общественной жизни в РФ. Анализ процессов экономического развития и развития общества сложнее, чем исследование этих процессов в состоянии равновесия, развивающаяся социально-экономическая система (СЭС) может проявлять специфическое динамическое поведение в условиях воздействия множества факторов внешней и внутренней природы. Структура и внутренняя динамика таких систем предопределяет возможные траектории ее развития в будущем [1], без анализа этих динамических проявлений невозможно проектировать возможные и желаемые сценарии будущего, находить эффективные сценарии стратегического развития и точки приложения управленческих усилий. Выделим ряд *динамических аспектов социально-экономических систем*, как объектов моделирования, которые делают

## Авторы

затруднительным их исследование с помощью традиционных методов математического моделирования:

- Структурная сложность социально-экономических систем: неоднородная структура, структурные изменения и сдвиги; множественные причинно-следственные связи (причина и следствие разделены, как правило, во времени и пространстве), наличие прямых и обратных связей, образующих структуру системы;

- СЭС многофакторные: необходимо учитывать множество влияющих факторов внутренней и внешней природы, изменяющихся во времени, нелинейный характер явлений и процессов в СЭС;

- Случайные и хаотические факторы, воздействующие непосредственно на систему и средовое пространство; энтропийные (от хаоса к порядку и наоборот) колебания в социально-экономических системах [2]; неопределенность развития системы во времени;

- Динамическая сложность (неустойчивость и колебательные процессы в системе; адаптивность, различная скорость протекания процессов, историческая зависимость) осложняет интерпретацию системного поведения и взаимодействия, определяя конприинтуитивность [1] СЭС, т.е. невозможность реализации корректной экспертной процедуры проектирования будущего состояния СЭС без применения специальных динамических компьютерных моделей;

- Эволюция и переходные процессы, наблюдаемые в СЭС; Воспроизведение внутренней организации СЭС посредством самоорганизации (и самовоспроизводства);

- *Формирование стратегии* – это всегда поиск некоторой траектории, по которой возможен перевод системы из текущего состояния в желаемое целевое в долгосрочной перспективе; отражение системности ее развития во времени [3]. Наличие множества возможных сценариев такого развития приводит к постановке

обратной задачи – поиска эффективного сценария или пути достижения поставленных целей на заданном периоде планирования. В процессе движения СЭС по траектории и реализации сценариев, последние могут изменяться во времени. Существуют также конфликты между долгосрочными и краткосрочными решениями;

- *Поведенческие аспекты* на микроуровне, связанные с выбором и принятием решений экономическими агентами, групповое и социальное поведение, и возникающие на этом уровне процессы самоорганизации (кооперации, конкуренции, сотрудничества, образование социальных групп и др.) оказывают влияние на процессы функционирования социально-экономической системы в целом, и наоборот, - состояние, характер функционирования и развития социально-экономической системы в целом, влияет на меняющееся поведение социальных и экономических агентов [4].

Традиционные методы прогнозирования и эконометрики, применяемые на макроуровне и в территориальном управлении не эффективны для адекватного описания сложных социально-экономических систем в современных нестационарных экономических условиях, характеризующихся изменчивостью внешней среды, структурными перестройками, они плохо работают в условиях непредставительных данных по социально-экономическим индикаторам, и не позволяют описать механизмы развития и самоорганизации в социально-экономических системах в условиях переходной экономики, что на практике приводит к необходимости поиска новых методов исследования и принятия решений на основе *системологических имитационных моделей социально-экономических систем*, позволяющих осуществлять концептуализацию проблемной ситуации и детально описывать моделируемые процессы с применением системного анализа [5]. Стратегическое

долгосрочное планирование развития отраслей и территорий РФ необходимо осуществлять на основе комплекса имитационных моделей, позволяющих рассматривать социально-экономическую систему как целостную систему, оценивать синергетический эффект от взаимодействия различных ее элементов и влияющих факторов в условиях изменяющейся социально-экономической ситуации.

*Каркас компьютерных моделей СЭС*, на макроуровне, образуют конструкции системной динамики [1], т.к. методы системной динамики позволяет моделировать динамические процессы на высоком уровне агрегирования, в основе их лежит представление о функционировании динамической системы, как совокупности потоков (ресурсов и т.п.). Парадигма системной динамики базируется на концепции потоковой стратификации сложных систем, в общей структурной схеме моделей системной динамики выделяются две части: сеть потоков и сеть информации.

*Системная динамика* [6] предлагает парадигму, методологию и технологический подход, отличный от традиционного, это позволяет анализировать сложную динамику, с большим количеством нелинейных обратных связей, нестационарную социально-экономическую систему в условиях переходных процессов, структурной перестройки, неопределенности и динамичности изменений внешней среды. Системно-динамическая модель нацелена на концептуализацию и структуризацию проблем, понимание происходящих процессов, методы системной динамики сближены с мышлением стратегических управленцев. Работы по моделированию социальных систем осуществляются в условиях широких междисциплинарных коммуникаций, при участии специалистов различной специализации, организуются процедуры проведения экспертных ревизий.

*На уровне описания микро-процессов*, агрегированные системно динамические модели СЭС дополняются *агентными моделями индивидуального социального поведения, экономического поведения лиц, принимающих решения*, а также описывающими взаимодействие множества социальных групп. Развитие идей и методов эволюционной и поведенческой экономики, необходимость учета человеческого фактора в индивидуальном и социальном проявлении, особенностей социального поведения (и характеристик пассионарности населения) в экономических системах, требует детализации в имитационных моделях СЭС особенностей принятия решений людьми и экономическими агентами, и выработки индивидуального и группового (социального) поведения. Имитационная модель, реализуемая на основе парадигмы и технологий ABMS– agent-based modeling and simulation [7] применяется в тех областях социальных исследований, где отсутствует теоретическое знание о системе и формальные модели, а также в тех случаях, когда традиционные постулаты об однородности и рациональном поведении агентов, приводящие к агрегированию моделей, не позволяют получить адекватные представления о поведении изучаемой системы. Существенным стимулом развития этого направления явились смена экономической парадигмы о рациональном поведении экономических агентов и ограниченность поддерживающего ее математического аппарата, на представления об ограниченной рациональности лиц принимающих решения, развитие идей обучающей организации, поиск методов описания интеллектуальных экономических и социальных агентов, обучающихся на основе опыта.

*Агентные модели* дают представление об этих глобальных правилах, общих закономерностях и тенденциях в развитии СЭС, динамических свойствах системы,

## Авторы

исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении ее отдельных активных агентов и взаимодействии этих агентов и объектов в системе. Агентное моделирование полезно в исследовании социально-экономических систем, если требуется исследовать и изучать закономерности, которые проявляются не в поведении отдельных агентов, а приводят к структурным образованиям, изменениям в организации самой системы, запускают механизмы самоорганизации; а также, если необходимо исследовать влияние индивидуального поведения агентов, процессов их адаптации и обучения на поведение, эволюцию и развитие системы. Вычислительные возможности современных компьютеров и достижения в информационных технологиях, позволяют представить систему практически любой сложности из большого количества взаимодействующих объектов, что позволяет применять ABMS в сферах, где необходимо моделирование большого числа агентов.

*Свойства сложной социально-экономической системы на макро-уровне формируются как результат взаимодействия агентов на микро-уровне, в которой они осуществляют свое поведение, что позволяет наблюдать и изучать закономерности, свойства и динамику, присущие системе в целом. Процессы, формируемые на микро-уровне, позволяют задать классы и характеристики агентов, правила, по которым они принимают решения, характер взаимодействия и обмена информацией между агентами системы и с внешней средой и другие, - таким образом, при построении модели задается индивидуальная логика поведения участников процесса, а тенденции, закономерности и характеристики поведения всей системы формируются как интегральные характеристики поведения совокупности агентов, составляющих систему, которые и могут проявляться как*

на мезо-уровне (групповое или социальное поведение) или непосредственно на макро-уровне, в виде агрегированных характеристик СЭС.

*Композитные динамические модели СЭС функционируют на основе единого модельного и информационного фрейма, что позволяет организовать процессы информационного обмена и механизмы взаимодействия между макро-уровнем и микро-уровнем моделируемой СЭС. СЭС на макроуровне являются внешней средой, в которой осуществляют свое индивидуальное поведение социальные и экономические агенты, и которая предопределяет правила принятия этих решений, опыт и знания агентов. В свою очередь, возникающее социальное поведение запускает процессы самоорганизации, развития или стагнации, определяющие функционирование и управление социально-экономической системой в целом. Такой подход в построении многомодельных комплексов имитационных моделей позволяет исследовать динамику социально-экономических процессов посредством циклической взаимосвязи микроуровня и макроуровня в рассматриваемой социально-экономической системе.*

*Аналитика стратегического управления на базе информационно-аналитических центров (ИАЦ) в органах государственной власти выстраивается в форме процедур и ландшафта для проведения динамического компьютерного сценарного анализа на основе обобщенной имитационной модели объекта управления. Сценарный подход позволяет формировать экспертам возможные сценарии развития или траектории движения СЭС на основе информации о состоянии и структуре СЭС и программ (планов) действий, и проводить их анализ с помощью имитационной модели. Имитационная модель СЭС выступает системообразующим звеном процедуры принятия стратегических решений в ИАЦ, наряду с системой мониторинга, анализа данных, методами*

генерации сценариев, проведения сценарных исследований и анализа их результатов. Разработанные имитационные модели СЭС опираются на достоверные эконометрические оценки при идентификации социально-экономических процессов и спецификации социальных и экономических агентов. Аналитический мониторинг и ситуационный анализ формируют информационную базу для создания имитационной системно-динамической модели, параметризации и спецификации ее элементов (процессов и агентов). Процедуры экспертных ревизий и экспертно-когнитивный анализ применяется для стратификации, онтологического инжиниринга моделируемых социально-экономических систем, формирования возможных сценариев развития, проигрываемых на имитационных моделях, и построения моделей «баланса интересов».

Важным аспектом исследования социально-экономических процессов является рассмотрение взаимодействия и координации всех участников этого процесса: государства, бизнеса, населения. Дискуссии, развернувшиеся в экспертном сообществе, которое пытается предложить множество сценариев такого развития, создают условия для формирования *на основе имитационной модели консолидированного сценария развития или долгосрочного «баланса интересов всех участников»* [9, 10].

Совершенствование технологии системного моделирования и сценарного планирования на базе ИАЦ в задачах стратегического планирования в государственном и корпоративном управлении требует совершенствования

*методов концептуализации моделируемых систем и стратификации моделирующих комплексов [11,12] на основе онтологий; расширения конвергентной составляющей процесса принятия согласованных решений на основе процедур организации и проведения экспертных ревизий, построения моделей «баланса интересов» с применением технологий сетевой экспертизы и методов экспертного оценивания, визуального моделирования и др.*

*Область применения* рассмотренного в статье методологического подхода к построению системно-динамических имитационных моделей социально-экономических процессов и практической реализации очень широкая и рассмотрена в других работах автора: региональная наука [8], управление социальной сферой [9,10], управление цепями поставок [13], стратегический менеджмент [14].

### Литература

1. Форрестер Дж. Динамика развития города. – М.: Прогресс, 1974.
2. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. Серия «Системы и проблемы управления». – М.: СИНТЕГ, 2000, 528 с.
3. Г.Б. Клейнер . Стратегия предприятия. Издательство: Дело, 2008 , 568 с.
4. Вайдлих Вольфганг Социодинамика: системный подход к математическому моделированию в социальных науках: Пер. с англ. /Под ред Ю.С. Попкова, А.Е.

## Авторы

- Семечкина. Изд. 2-е, стереотипное. –М.: Едиториал УРСС, 2005, 480 с.
5. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пособие. - М.: ИНФРА-М, 2011, 254 с. – (Высшее образование).
  6. Лычкина Н.Н. Ретроспектива и перспектива системной динамики. Анализ динамики развития. Журнал «Бизнес-информатика», М.:НИУ ВШЭ, №3(9) 2009 , с.55-67
  7. Макаров В.Л. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели)/ В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин – Москва: Экономика -2013, 225 с.
  8. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование социально-экономических систем (Системно-динамические модели города и сельско-хозяйственного региона). - Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012, 181 с.
  9. Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А. Динамическое моделирование процессов развития пенсионной системы - Прикладная информатика, № 3(45), М, Синергия
  10. Natalia N. Lychkina, Yulia A. Morozova. Dynamic simulation of Pension system development processes - Международная конференция общества системной динамики, Делфт, Нидерланды. 2014 г. System Dynamics Society, Proceedings of the 32nd International Conference, July 20-24, 2014 Delft, Netherlands, p. 83 <http://www.systemdynamics.org/conferences/2014/proceed/papers/P1180.pdf>
  11. Лычкина Н.Н. Морозова Ю.А. Стратификация как основа инженерии технологий компьютерной поддержки принятия государственных решений в пенсионной сфере. - «Бизнес-информатика» № 2(20). М.:НИУ ВШЭ, 2012, с.20-28
  12. Идиаттулин А.Р., Лычкина Н.Н. Инструментальная реализация архитектурных моделей предприятия на основе онтологий. - «Бизнес-информатика» №5 (15). М.:НИУ ВШЭ, 2011, с. 31-42.
  13. Лычкина Н.Н. Инновационные парадигмы имитационного моделирования и их применение в управленческом консалтинге, логистике и стратегическом менеджменте - Логистика и управление цепями поставок, НИУ ВШЭ, №5(58) 2013, С. 28-41.
  14. Лычкина Н.Н. Имитационные модели в процедурах и системах поддержки принятия стратегических решений на предприятия - НИУ ВШЭ, «Бизнес-информатика», № 1, М., 2007, С.29-35