

Динамическое имитационное моделирование развития социально-экономических систем и его применение в информационно-аналитических решениях для стратегического управления



Автор статьи:

Н. Н. Лычкина,

канд. экон. наук, доцент кафедры «Информационные системы»

ФГБОУ ВПО «Государственный университет управления»

Москва, Российская Федерация

E-mail: lychkina@quu.ru

N. N. Lychkina,

Ph.D. in Economics, associate professor, Department of Information systems

State University of Management

Moscow, Russian Federation

Рассматриваются парадигмы имитационного моделирования: системная динамика, агентное моделирование и их композитное сочетание в динамических моделях предприятия, динамических моделях развития социальной сферы и других задачах моделирования и анализа стратегического развития социально-экономических систем.

Dynamic simulation of socio-economic systems and its application in the information-analytical solutions for the strategic management

It discusses the paradigm of simulation: system dynamics, agent-based modeling, and composite mix of dynamic models in the enterprise, dynamic models of social development and other problems of modeling and analysis of the strategic development of the socio-economic systems

Keywords: agent-based modeling, decision support systems, system dynamics.

Динамические модели предприятий

В сфере бизнеса и управления имитационное моделирование используется чрезвычайно широко: от операционного и производственного менеджмента до стратегического, в управленческом и ИТ-консалтинге. Во всем мире бизнес-планирование любого хозяйственного объекта осуществляется на основе его имитационной модели. Решения на основе имитационного моделирования востребованы в отраслевых проектах, государственном и территориальном управлении.

В ИТ-индустрии имитационное моделирование применяется в информационных бизнес-системах: в системах планирования в ERP-, SCM-, APS-системах, инструментах анализа и оптимизации, в системах моделирования бизнес-процессов (BPMS), интегрированного планирования и управления цепями поставок и многих других, в интерактивных моделях ситуационных центров, методах сценарного планирования в системах поддержки принятия решений (DSS, EIS), в формировании стратегий в системах управления эффективностью бизнеса (BPM), а также в высоких технологиях современного цифрового производства в системах непрерывной поддержки жизненного цикла изделий (PLM).

Наиболее популярные парадигмы моделирования, нашедшие широкое применение в управлении: дискретное моделирование, или процессно-ориентированный подход, системная динамика, агентное моделирование [2]. Если дискретное имитационное моделирование стало основой зрелой инженеринговой деятельности в анализе и оптимизации бизнес-процессов, производственных и логистических систем, то к системной динамике и агентному моделированию современные управленцы, пытающиеся повысить эффективность своего бизнеса, обратились сравнительно недавно. Имитационное моделирование предприятий, в которых находят комплексное применение все парадигмы и высокие компьютерные технологии, сегодня является наиболее перспективной и быстро развивающейся сферой применения имитационного моделирования для бизнеса и корпораций.

Системно-динамическая модель предприятия предназначена для комплексного описания и исследования

предприятия как целостной интегрированной системы, выполняющей разнообразные взаимосвязанные функции, отражающей структуру организации через сложные динамические взаимодействия ее материальных и нематериальных ресурсов, активно взаимодействующей с внешней экономической средой. Это позволяет рассматривать меняющееся во времени поведение промышленных предприятий с целью выработать усовершенствованные формы их организации и механизмы управления. В современных рыночных условиях с помощью экспериментов с динамической моделью предприятие, развивающееся и постоянно трансформирующееся, находящееся под воздействием турбулентной окружающей среды, может осуществлять формирование стратегии в процессе имитации различных стратегий и сценариев развития организации во времени, выдавать рекомендации по совершенствованию своей деятельности, проследить влияние различных управленческих решений на развитие организации, найти специфические точки приложения управленческого решения, обеспечивающего эффективное функционирование организации в будущем. В качестве аналитической основы базовой структуры динамической модели может быть взята система сбалансированных показателей, а также ментальные модели менеджеров.

Фундаментальные работы Дж. Форрестера [10], его научная и общественная деятельность не только способствовали появлению *системной динамики* как новой методологии компьютерного моделирования и метода решения управленческих задач, но и дали развитие целому ряду направлений [7], к ним относятся:

- прикладные исследования для решения разнообразных задач управления — от корпоративного управления до глобального моделирования и моделирования национальных экономик;
- новый класс высокотехнологичных симуляторов, с помощью которых удалось использовать потоковые диаграммы как язык описания сложных динамических систем с нелинейными обратными связями;
- интерактивные имитационные игры;
- интересные и популярные образовательные проекты в сфере бизнеса;
- создание широкой сети консалтинговых организаций, а также отделений Общества системной динамики по всему миру [14], применяющих и популяризирующих идеи Дж. Форрестера и его последователей [13, 15].

Сегодня системная динамика, которую осваивают во всех престижных бизнес-школах мира и магистерских программах, демонстрирует новый вид системного мышления у менеджеров и управленцев. Формируется новая парадигма инжиниринга предприятия, которая требует от современного менеджера глубоких междисциплинарных знаний в области смежных экономических дисциплин (общий и стратегический менеджмент, управление персоналом, производственный менеджмент, организационное поведение, стратегический маркетинг, управление изменениями и др.) и системных методологий, экономической кибернетики и синергетики. Современный управленец должен стать, если проводить аналогию с инженерным образованием, не «пилотом», обладающим минимальным набором практических компетенций, а проектировщиком социально-экономических систем, задающим и обосновывающим траекторию ее развития, сценарий антикризисного управления в условиях турбулентного окружения внешней среды. Существуют положительный опыт и уникальные авторские образовательные проекты обучения системной динамике при освоении управленческих специальностей и в России, в Государственном университете управления и Высшей школе экономики, но он пока единичный [6].

В настоящее время применение системной динамики в сфере управленческого консалтинга очень широко: моделирование поведения организации во время роста на рынке, стратегический менеджмент [3], логистика и управление цепями поставок [5], управление проектами, трансформация компании в обучающую организацию и управление знаниями.

Относительно новой парадигмой компьютерного моделирования является *мультиагентное имитационное моделирование*, позволяющее изучать системные закономерности в результате воспроизведения индивидуального поведения и взаимодействия активных объектов, называемых агентами. Агентное моделирование полезно, если требуется исследовать и изучать закономерности, которые проявляются в поведении отдельных агентов и приводят к структурным образованиям, изменениям в организации самой системы, если необходимо исследовать влияние индивидуального поведения агентов, процессов их адаптации и обучения на поведение, эволюцию и развитие системы. Агентный подход применяется в тех областях исследований, где отсутствуют 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 явилось то, что экономическая парадигма рационального поведения экономических агентов и ограниченность поддерживающего ее математического аппарата уступили место представлениям об ограниченной рациональности лиц, принимающих решения. Методы спецификации поведения агентов формируются с помощью теоретико-методологического базиса гуманитарных наук и социальных исследований, когнитивной психологии и методов искусственного интеллекта. Вычислительные возможности современных компьютеров и достижения в информационных технологиях позволяют представить систему практически любой сложности, состоящую из большого количества взаимодействующих объектов,

образующих искусственные сообщества. Это направление осваивается и развивается сегодня в крупнейших научных центрах и университетах по всему миру. Практическое агентное моделирование позволяет получать решения при анализе потребительских и финансовых рынков, потребительских предпочтений и исследовании моделей конкуренции. В социальных науках оно способствовало появлению нового направления в области социальных исследований — поведенческой экономики.

В зависимости от задач исследования компоненты и процессы динамической модели предприятия могут быть описаны с помощью различных парадигм имитационного моделирования, между которыми осуществляется информационное взаимодействие. Так, например, стратегическая архитектура предприятия, которая представляет собой комбинацию самовоспроизводящихся кругов обратной связи, объединяет структуры материальных и нематериальных ресурсов организации и управляет процессами аккумуляции ресурсов, может быть воспроизведена на основе потоковых диаграмм системной динамики, детализированные референтные модели производственных и логистических бизнес-процессов — на основе дискретного имитационного моделирования, а поведение клиентов на потребительском рынке, процессы конкуренции можно описать с помощью агентных моделей.

В статьях и учебном пособии [2–5, 7] представлен аналитический обзор востребованных решений на основе имитационного моделирования в сфере управления и информационных системах различного назначения, а также научные наработки, методический и практический опыт управленческого и ИТ-консалтинга в создании комплексных динамических моделей предприятий в таких областях, как стратегическая архитектура и корпоративная динамика предприятия, ситуационный финансовый анализ и управление финансовыми потоками, инвестиционное планирование и управление проектами, управление производственной программой, комплексное управление логистическими процессами на предприятии, управление общефирменной сбытовой сетью, формирование маркетинговой стратегии, анализ динамики рынка, моделирование и анализ поведения бизнес-процессов, реинжиниринг и управление персоналом, отраслевые и межотраслевые проекты и др. На основе референтных моделей комплекса разработаны деловые имитационные игры «Логистика», «Стратегическая архитектура» и др., положившие начало отечественной практике внедрения имитационных игр в управленческое образование.

Применение имитационного моделирования в государственном и территориальном управлении

Современная экономика требует поиска эффективных сценариев развития в различных сферах жизнедеятельности. Многоплановые задачи муниципального, регионального государственного управления, поддержка вертикали стратегического планирования предполагают создание интегрированного исследовательского фрейма компьютерных моделей на основе различных объектно-ориентированных парадигм и современных технологий имитационного моделирования, а также реализацию комплекса макроэкономических, региональных, отраслевых имитационных моделей широкой функциональности для поддержки принятия решений по социально-экономическому развитию территорий, управлению бюджетом, экономикой, природными ресурсами, в социальной сфере и отраслевых проектах на всех уровнях государственного управления на основе современных научных достижений и принципов программной инженерии. Важнейшими составляющими государственного управления, подлежащими реформированию в новых экономических условиях, является социальная сфера в целом и ее базовые сегменты: здравоохранение, жилищная сфера, пенсионная система, а также управление социально-экономическим развитием отраслей и территорий РФ. Это определяет необходимость сценарного исследования и предполагает использование комплексного экономико-математического инструментария формирования консолидированного сценария развития территорий и отраслей РФ на основе комплекса обобщенных имитационных и информационных моделей и высокотехнологичных ИТ-решений на базе ситуационных и аналитических центров правительства и администраций регионов РФ, развитие методов и инструментов стратегического сценарного планирования на основе современных парадигм и технологий имитационного моделирования, разработку новых системно-динамических компьютерных моделей отдельных секторов и отраслей экономики и социальной сферы, моделей регионов и городских систем, отвечающих специфике российских экономических условий и актуальным задачам реформирования.

Изменение экономических условий и парадигм, введение новых экономических, правовых и институциональных форм и механизмов, неизбежные в условиях переходных экономических процессов, сопровождавшихся неблагоприятными демографическими и социально-экономическими тенденциями, структурная перестройка в базовых отраслях, формирование рыночных институтов и рыночных отношений, влияние нестабильного финансового рынка и других факторов, сопряженных с рисками и стохастической неопределенностью, необходимость осуществления стратегического планирования и контроля на разных уровнях государственного управления требуют изменения методов программно-целевого планирования и анализа социально-экономических процессов, происходящих в РФ.

Традиционные методы прогнозирования и математического моделирования, применяемые на макроуровне и в территориальном управлении, неэффективны для адекватного описания сложных социально-экономических систем в современных нестационарных экономических условиях с большим количеством взаимодействий и факторов влияния, характеризующихся изменчивостью внешней среды, структурными перестройками, они плохо работают при наличии неполных данных по социально-экономическим индикаторам. Применяемый сегодня аппарат эконометрического и предикативного моделирования на уровне макроэкономических и территориальных исследований слабо адаптирован к специфике российских условий и современным экономическим реалиям. Новые экономические условия, неопределенность и динамичность внешней среды, смена экономических парадигм (адаптивные экономические системы, поведенческая экономика и др.) приводят 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. Стратегическое долгосрочное планирование развития отраслей и территорий РФ необходимо осуществлять на основе комплекса имитационных моделей, позволяющих рассматривать социально-экономическую систему во взаимодействии различных элементов и влияющих на ее функционирование факторов в условиях изменяющейся демографической и социально-экономической ситуации.

Обоснование государственных программ, разработка долгосрочной стратегии развития территорий и отраслей РФ, ориентированной на структурные реформы, включающие комплекс финансовых, правовых и экономических решений, требуют формирования целостной картины, которое невозможно без всестороннего анализа факторов экономического и социального характера, анализа взаимодействия базовых элементов и институтов, оценки последствий реализации ответственных государственных и инвестиционных решений, комплексного упреждающего имитационного моделирования и межведомственной экспертизы сценариев социально-экономического развития Российской Федерации в целом и ее субъектов в частности. В зарубежной практике обязательное применение опережающего имитационного моделирования для обоснования ответственных инвестиционных, государственных и отраслевых решений зафиксировано в законах. Ответ на вопрос «Что надо, чтобы...?» требует перехода от параметрических мер и настроек существующей системы к системным изменениям, адекватным социально-экономическим процессам РФ и сбалансированным по целому ряду направлений. В современных условиях важны исследование динамики переходных процессов и структурных изменений, связанных с формированием рыночных институтов и отношений в этой сфере, учет временных лагов и сложных динамических тенденций, анализ множества сценариев долгосрочного развития социально-экономической системы с учетом механизмов самоорганизации и автономности ее отдельных элементов, что необходимо осуществлять на основе методов динамического имитационного моделирования. Количество элементов и взаимосвязей социально-экономической системы так велико, что человеческий мозг не способен учесть все причинно-следственные связи, чтобы спрогнозировать траекторию ее развития, для этого строятся компьютерные имитационные модели и применяются инструментальные средства поддержки принятия решений.

Важный аспект социально-экономического исследования — 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.

Модели национальной экономики — комплекс компьютерных моделей основных сфер жизни России, основной проектный и прогностический инструмент для разработки и обоснования национальных проектов, государственных программ и сценариев. Выполнена разработка комплекса имитационных моделей для целей анализа и сценарного планирования социально-экономического развития территорий РФ на основе высоких технологий и инновационных парадигм имитационного моделирования [1, 8, 9, 11, 12], включающего динамические модели городских систем и сельскохозяйственных регионов, модели социальной сферы (жилищной сферы, здравоохранения, пенсионной системы, образования), адаптированные для решения актуальных задач реформирования в этих сферах. Значимым фактором, характеризующим современную ситуацию, является рассмотрение населения, человека с его индивидуальной жизненной стратегией как активного самостоятельного экономического агента. Каркас моделей социально-экономических систем образуют конструкции системной динамики, применяемые совместно с агентным моделированием социального поведения, описывающим взаимодействие множества независимых активных экономических объектов в определенной среде, и опирающиеся на достоверные эконометрические оценки при идентификации экономических процессов и спецификации экономических агентов.

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. Системная динамика предлагает парадигму, методологию и технологический подход, отличный от традиционного, это позволяет анализировать сложную динамику, нестационарную социально-экономическую систему в переходных процессах, в условиях структурной перестройки, неопределенности и динамичности изменений внешней среды.

Ключевыми преимуществами и характеристиками этих видов имитационного моделирования, определяющими их применение в социально-экономических исследованиях, являются:

- возможность описания сложных многоуровневых структур с множеством нелинейных обратных связей;
- отражение динамических процессов и поведенческих аспектов, свойств динамичности внешней среды;
- возможности представления и структуризации ментальных знаний экспертов по проблеме, проведения экспертных ревизий компьютерных моделей и их полная интерпретируемость на языке системных потоковых диаграмм и диаграмм причинно-следственных связей;
- возможность выявления закономерностей, динамических тенденций развития и функционирования сложной системы в условиях неполной и неточной информации;
- проигрывание различных ситуаций и вариантов решений, проведение сценарных расчетов на компьютерной модели;
- описание взаимодействия и поведения множества активных агентов в социальных системах;
- реализация принципов объектно-ориентированного проектирования и применение высокотехнологичных ИТ-решений в построении компьютерных моделей.

Эти возможности имитационного моделирования в исследовании социально-экономических процессов определяют широкое применение информационно-аналитических решений этого класса для сценарного планирования, обоснования долгосрочных стратегических планов, разработки и аудита государственных программ, поддержки функций стратегического контроля и управления по целевым показателям.

Перспективными направлениями в области методологии, инструментария и применения компьютерного моделирования социально-экономических процессов и развития информационно-аналитического обеспечения систем поддержки принятия решений и ситуационных центров для государственного управления являются:

- федеральная архитектура и технологические стимулы и информационно-аналитические инициативы развития концепции электронного правительства;
- развитие методов включения отдельных информационно-аналитических решений и систем органов региональной и муниципальной власти в комплексную архитектуру «электронного региона» и «электронного города»;
- онтологическое моделирование процедур и систем формирования и принятия решений в органах государственного управления;
- системно-динамические модели в процедурах и системах поддержки принятия управленческих решений;
- общая методология формирования и построения многомодельных комплексов анализа и сценарного планирования для органов государственного управления;
- имитационное моделирование региональных процессов РФ; динамическое моделирование городских систем [1];
- методы структуризации и параметризации системно-динамических моделей социально-экономических систем с применением онтологий и методов интеллектуального анализа данных;
- многоагентные компьютерные модели и поведенческая экономика в социально-экономических системах;
- методы и алгоритмы описания поведения обучающихся и интеллектуальных агентов в социальных системах;
- сценарное планирование макро- и региональной экономики;
- стратификация социально-экономических систем на основе принципов многомодельности в гетерогенной информационно-аналитической среде;
- разработка универсальных нотаций, инструментальных сред компьютерного моделирования и сценарного планирования социально-экономических систем;
- инновационные инструментальные информационно-аналитические решения для ситуационных центров и систем поддержки принятия решений на основе многоподходного имитационного моделирования, агентного моделирования, геоинформационных технологий, веб-сервисов и др.

Список литературы:

1. *Лычкина Н. Н.* Имитационное моделирование социально-экономических систем (Системно-динамические модели города и сельскохозяйственного региона). Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing, 2012. 181 с.

2. Лычкина Н. Н. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пос. М.: Инфра-М, 2011. 254 с.
3. Лычкина Н. Н. Имитационные модели в процедурах и системах поддержки принятия стратегических решений на предприятия // Бизнес-информатика. 2007. № 1(1). С. 29–35.
4. Лычкина Н. Н. Инновационные парадигмы и технологии имитационного моделирования и их применение в управлении и информационных бизнес-системах и системах поддержки принятия решений // Вестник ГУУ. 2012. № 20. С. 136–145.
5. Лычкина Н. Н. Инновационные парадигмы имитационного моделирования и их применение в сфере управленческого консалтинга, логистики и стратегического менеджмента // Логистика и управление цепями поставок. 2013. № 05(58). С. 28–41.
6. Лычкина Н. Н. Основные задачи и методика преподавания имитационного моделирования по направлениям подготовки в области экономики и управления на основе стандартов третьего поколения // Современные технологии и ИТ-образование: Сборник избранных докладов науч.-практ. конф. / Под ред. проф. В. А. Сухомлина. М.: Интуит.ру, 2011. С. 155–164.
7. Лычкина Н. Н. Ретроспектива и перспектива системной динамики. Анализ динамики развития // Бизнес-информатика. 2009. № 3. С. 55–67.
8. Лычкина Н. Н., Морозова Ю. А. Динамическое моделирование процессов развития пенсионной системы // Прикладная информатика. 2013. № 3(45). С. 99–110.
9. Лычкина Н. Н., Морозова Ю. А. Имитационное моделирование социальной сферы. Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publishing, 2011. 388 с.
10. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) / Пер. с англ., общ. ред. Д. М. Гвишиани. М.: Прогресс, 1971. 340 с.
11. Lychkina N. N., Morozova Y. A., Andrianov D. L. Social Sphere Modeling Based on System Dynamics Methods // 29th International Conference of the System Dynamics Society, Washington DC, USA, July 24th–28th, 2011. Washington: The System Dynamics Society, 2011. P. 74. URL: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2011/proceed/papers/P1211.pdf>.
12. Lychkina N. N., Shults D. N. Simulation modeling of regions' social and economic development in decision support systems // 27th International Conference of the System Dynamics Society, Albuquerque, New Mexico: The System Dynamics Society, 2009. P. 81. URL: <http://www.systemdynamics.org/conferences/2009/proceed/papers/P1068.pdf>.
13. Sterman J. D. Business Dynamics — Systems Thinking and Modeling for a Complex World. New York: The McGraw-Hill Companies, 2000. 982 p.
14. System Dynamics Society. 2013. URL: <http://www.systemdynamics.org>, <http://www.sysdynamics.ru>.
15. Warren K. Strategic Management Dynamics. London: London Business School, John Wiley&Sons Ltd., 2008. 696 p.
16. XJ Technologies. 2013. URL: <http://www.xjtek.ru>.