

***Инновационные парадигмы и технологии имитационного моделирования и их применение в стратегическом управлении и информационных бизнес-системах и системах поддержки принятия решений.***

*Лычкина Н.Н. lychkina@guu.ru*

*Государственный университет управления*

*В докладе рассматриваются методологические, инструментальные, практические аспекты применения имитационного моделирования, его инновационных парадигм – системной динамики и агентного моделирования, в системах поддержки принятия решений для предприятий и государственного управления.*

***Динамические модели предприятий.***

В сфере бизнеса и управления имитационное моделирование используется в широчайшем диапазоне — 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 начинает применяться в информационных бизнес-системах — от систем планирования в ERP-, SCM-, APS-системах, инструментов анализа и оптимизации в системах моделирования бизнес-процессов (BPMS), интегрированного планирования и управления цепями поставок и многих других, - до интерактивных моделей ситуационных центров, методов сценарного планирования в системах поддержки принятия решений (DSS, EIS) и формирования стратегий в системах управления эффективностью бизнеса (BPM); включая высокие технологии современного цифрового производства в системах непрерывной поддержки жизненного цикла изделий (PLM).

Наиболее популярные, закрепившиеся в современных инструментальных решениях *парадигмы моделирования*, нашедшие широкое применение в управлении: *дискретное или процессно-ориентированный подход, системная динамика, агентное моделирование*. Если дискретное имитационное моделирование стало основой зрелой инжиниринговой деятельности в анализе и оптимизации бизнес-процессов, производственных и логистических систем, то системная динамика и агентное

моделирование только начинает занимать умы современных управленцев, пытающихся повысить эффективность своего бизнеса. Имитационное моделирование предприятий, в которых находят комплексное применение все парадигмы и высокие технологии ([xjtek.ru](http://xjtek.ru)), сегодня является наиболее перспективной и быстро развивающейся сферой применения имитационного моделирования для бизнеса и корпораций.

Фундаментальные работы Дж. Форрестера и 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, таких как: прикладные исследования в широком спектре 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, применяющих и популяризирующих идеи Дж. Форрестера и его последователей [Warren, 2008 Stermann, 2000] ([sysdynamics.ru](http://sysdynamics.ru)). Сегодня системная динамика, которую осваивают во всех престижных бизнес-школах мира и магистерских программах, демонстрирует новый вид системного мышления у менеджеров и управленцев.

В настоящее время применение системной динамики в сфере управленческого консалтинга и стратегического менеджмента очень широко: от моделирование поведения организации во время роста на рынке или преодоление «барьеров роста» (growth management), - до стратегического менеджмента и принятия оптимальных управленческих решений, от логистики и управления цепями поставок, управления проектами - до трансформации компании в «обучающую организацию» и управления 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 не в поведении отдельных агентов, а приводят к структурным образованиям, изменениям в организации самой системы; а также, 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 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. 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. 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 это направление способствовало появлению нового направления в области социальных исследований — поведенческой экономики [Бахтизин,2008].

Системно-динамическая модель предприятия предназначена для комплексного описания и исследования предприятия как целостной интегрированной системы, осуществляющей многообразные 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 выработки усовершенствованных форм их организации и механизмов управления. В современных рыночных условиях, развивающееся и постоянно трансформирующееся предприятие, находящееся под воздействием турбулентной окружающей среды, с помощью экспериментов с динамической моделью может осуществлять формирование стратегии в процессе имитации различных стратегий и сценариев развития компании во времени, выдавать рекомендации по совершенствованию деятельности компании, позволяет проследить влияние управленческих решений на развитие организации, найти специфические точки приложения управленческого решения, обеспечивающего эффективное функционирование организации. В качестве

аналитической основы базовой структуры динамической модели, может быть взята методология BSC, а также ментальные модели менеджеров.

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 комбинацию самовоспроизводящихся кругов обратной связи, объединяет между собой структуру 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 – описаны агентными моделями.

В статьях и учебном пособии [Лычкина, 2009,2011, 2012] 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; Бюджетинг 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 практики внедрения имитационных игр в управленческое образование.

### ***Применение имитационного моделирования в государственном и территориальном управлении.***

Современная экономика требует поиска эффективных сценариев развития по различным сферам 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 на основе современных научных достижений и принципов программной инженерии 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. Важнейшими составляющими государственного управления, подлежащими реформированию в новых экономических условиях, является социальная сфера и ее базовые сегменты: здравоохранение, жилищная сфера, пенсионная система; а также управление социально-экономическим развитием отраслей и территорий РФ, что 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 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, которое приходится осуществлять 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, требует 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 не эффективны 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 в условиях непредставительных 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 как целостную систему, оценивать синергетический эффект от взаимодействия различных ее элементов и влияющих факторов в условиях изменяющейся демографической и социально-экономической ситуации.

Обоснование государственных программ, разработка долгосрочной стратегии развития территорий и отраслей РФ, ориентированной на структурные реформы, включающих комплекс финансовых, правовых и экономических решений, требует формирования целостной картины, что 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 и ее субъектов. Международный опыт демонстрирует законодательное закрепление обязательного применения имитационного моделирования для обоснования ответственных инвестиционных, государственных и отраслевых решений. 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. Важными аспектами в современных условиях является 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

отдельных ее 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 – рассмотреть взаимодействие и координацию всех участников этого процесса: государства, бизнеса, населения. Развернувшиеся дискуссии в среде экспертного сообщества, пытающегося предложить множество сценариев такого развития, создают условия для формирования на основе имитационной модели консолидированного сценария развития или долгосрочного «баланса интересов всех участников».

Значимым фактором, характеризующими современную ситуацию, является рассмотрение населения, человека с его индивидуальной жизненной стратегией, как активного самостоятельного экономического агента.

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 [Лычкина, 2009,2011,2012], включающего *динамические модели городских систем и сельскохозяйственных регионов, модели социальной сферы (жилищной, здравоохранения, пенсионная система, образование)*, адаптированные на актуальные задачи реформирования в этих сферах. 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, достижение понимания происходящих процессов, методы системной динамики сближены с мышлением стратегических управленцев. Работы по моделированию социальных систем осуществляются в условиях широких междисциплинарных коммуникаций, участия специалистов различной специализации. Системная динамика

предлагает парадигму, методологию и технологический подход, отличный от традиционного, это позволяет анализировать сложную динамику, нестационарную социально-экономическую систему при переходных процессах, в условиях структурной перестройки, неопределенности и динамичности 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 полная их 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 целей сценарного планирования, обоснования долгосрочных стратегических планов, разработки и аудита государственных программ, поддержки функций стратегического контроля и управления по целевым показателям в системах поддержки принятия решений и Ситуационных центрах для органов государственного управления.

Перспективными направлениями в области методологии, инструментария и применения компьютерного моделирования социально-экономических процессов и развития информационно-аналитического обеспечения СППР 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 много-модельных комплексов анализа и сценарного планирования для органов государственного управления;
- имитационное моделирование региональных процессов РФ; динамическое моделирование городских систем;
- 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;
- 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 СППР на основе многоподходного имитационного моделирования, агентного моделирования, геоинформационных технологий, Web-сервисов и др.;
- методы и алгоритмы описания поведения обучающихся и интеллектуальных агентов в социальных системах.

### *Литература*

Бахтизин А.Р. Агент-ориентированные модели экономики. – М.: Экономика, 2008. -279 с.

Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: Учебное пособие.- М.: ИНФРА-М, 2011. — 254 с. — (Высшее образование).

Лычкина Н.Н. Ретроспектива и перспектива системной динамики. Анализ динамики развития // Бизнес-информатика. – М.: 2009. - № 3. – с. 55-67.

Лычкина Н.Н. Инновационные парадигмы имитационного моделирования и их применение в сфере управленческого консалтинга и стратегического менеджмента. Материалы XX Международной студенческой школы-семинара «Новые информационные технологии» (пленарные доклады), 2012 г. с. 94-105.

Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А. Имитационное моделирование социальной сферы. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 388 с.

Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А. Мультимодельный комплекс пенсионной системы как инструмент решения задач реформирования в социальной сфере // Вестник университета. М.: ГУУ, 2011. №15. с. 187-192.

Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование социально-экономических систем (Системно-динамические модели города и сельскохозяйственного региона). - Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012.-181 с.

Warren, Kim Strategic Management Dynamics, London Business School, John Wiley&Sons Ltd.2008

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, USA. 2009.

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.

Sterman, John Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World, McGraw-Hill Higher Education, 2000