

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ ПОДГОТОВКИ В ОБЛАСТИ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТОВ ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Н. Н. Лычкина (Москва)

Сегодня имитационное моделирование является эффективным и часто единственным методом исследования и решения сложных управленческих проблем. В условиях возрастающей структурной и функциональной сложности объектов управления для принятия эффективных управленческих решений знаний и интуиции экспертов недостаточно, чтобы оценить последствия реализации того или иного решения. Сложные системы контринтуитивны, состоят из множества взаимосвязанных элементов, в которых действует большое количество факторов стохастической природы и неопределенности. Причина и следствие в таких системах разнесены во времени и пространстве, краткосрочные решения требуют согласования с долгосрочными прогнозами. Компьютерная модель является инструментом в руках топ-менеджера, государственного служащего, ответственного за выработку и принятие управленческих решений, также она позволяет поверять проектные и другие решения, когда реальный объект еще не существует, а только разрабатывается или проектируется. Имитационное моделирование применяется в тех случаях, когда эксперимент с реальной системой невозможен или слишком дорог, как в случае с крупномасштабными техническими или социально-экономическими системами.

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 связи с бурным развитием информационных технологий имитационное моделирование переживает новое рождение. Зародившись в академической среде, развиваясь в инженерной среде, интерес к этому виду компьютерного моделирования оживился с появлением высокотехнологичных коммерческих симуляторов, которые на сегодняшний день являются мощным аналитическим средством, вобравшим в себя весь арсенал новейших информационных технологий, включая развитые графические оболочки для целей конструирования моделей и интерпретации выходных результатов моделирования, мультимедийные средства и видео, поддерживающие анимацию в реальном масштабе времени, объектно-ориентированное программирование, интернет-решения и др. В силу своей привлекательности и доступности технологии имитационного моделирования с легкостью покинули академические стены и сегодня осваиваются ИТ-специалистами и менеджментом компаний.

В ИТ-индустрии имитационное моделирование начинает применяться в информационных бизнес-системах – от систем планирования в *ERP*-, *SCM*-, *APS*-системах, инструментах анализа и оптимизации в системах моделирования бизнес-процессов, управления цепями поставок и многих других, – до интерактивных моделей ситуационных центров, методов сценарного планирования в системах поддержки принятия решений (*DSS*, *EIS*) и системах управления эффективностью бизнеса (*BPM*), включая высокие технологии современного цифрового производства в системах непрерывной поддержки жизненного цикла изделий (*PLM*).

Становление и развитие управленческого и ИТ-консалтинга привело к тому, что возрастающий интерес к имитационному моделированию со стороны бизнеса и государственного управления растет быстрее, чем количество квалифицированных профессионалов в этой области. Исторически в российской высшей школе дисциплины имитационного моделирования присутствовали в инженерных специальностях и были связаны с проектированием технических систем.

Взаимодействие профессиональных сообществ и специалистов высшей школы в рамках модернизации российского образования способствовало тому, что дисциплина «Имитационное моделирование» включена в стандарты и профили по направлениям подготовки «Бизнес-информатика», «Прикладная информатика» (профили «Экономика», «Менеджмент»), наиболее передовые университеты экономического и управленческого образования (ГУУ, НИУ-ВШЭ, РАГС при Президенте РФ) включают аналогичные дисциплины в программы магистерской и другой подготовки. Недавно созданное Национальное общество имитационного моделирования в качестве приоритетной задачи своей деятельности должно поставить активизацию взаимодействия с профессиональными сообществами с целью гармонизации образовательных стандартов с профессиональными. В силу известных причин университеты гуманитарного профиля сегодня консервативны в части вторжения науки и новых методов анализа экономики. Отечественное образование остается излишне академизированным, акцент в экономическом образовании ставится на применении классических математических методов в экономике и менеджменте, что не отвечает реальным потребностям и возросшей сложности управленческих проблем, становлению и развитию управленческого консалтинга. Математические модели часто непонятны менеджерам, что вызывает недоверие и отторжение на практике. В условиях реформирования системы российского образования и перехода на уровневую систему, актуально создание сильного и глубокого университетского образования в области имитационного моделирования в сфере управления и экономики. Интегрированный образовательный процесс, подготовка профессиональных системных аналитиков требуют введения имитационного моделирования не в общеобразовательные, а в специальные дисциплины, обеспечивающие профессиональную подготовку системных аналитиков, удовлетворяющих потребности общества, корпораций, интересы правительства в части решения сложных управленческих проблем. Реформирование в социальных системах и принятие эффективных управленческих решений требуют междисциплинарных знаний в области финансов, маркетинга, производства, персонала и других, широких междисциплинарных коммуникаций. В новых условиях имитационное моделирование должно выступать в качестве методологической и практической базы управленческого и экономического образования, необходимо изменить структуру и содержание уровневой подготовки в экономических и управленческих вузах, включая довузовскую подготовку, бакалавриат и магистратуру, дополнительное профессиональное образование, в том числе MBA.

В настоящем докладе автор пытается кратко изложить опыт преподавания дисциплины «Имитационное моделирование экономических процессов», которую автор преподает более 20 лет студентам, обучающимся по специальностям «Прикладная информатика в управлении», «Информационный менеджмент», «Менеджмент» и др. в Государственном университете управления, Высшей школе экономики, а также по аналогичным программам бизнес-образования уровня MBA и пр. Методика преподавания опирается на обобщение и синтез опыта академической отечественной научной школы, зарубежного бизнес-образования, применение современных компьютерных технологий и научно-практические достижения в области имитационного моделирования, а также практический опыт ведения консалтинговой деятельности в области имитационного моделирования, который адаптируется к специфике управленческого и ИТ-образования.

Практическая направленность курса предполагает формирование компетенций в части применения имитационного моделирования в управленческом консалтинге, принятии управленческих решений, решении конкретных задач и проблем в сфере экономики и управления на управленческих специальностях; а также профессиональной разработки и применения имитационных моделей и других аналитических решений в бизнес-системах и интегрированных информационных системах различного функционального назначения – для ИТ-специальностей.

Базовый теоретический и практический курс дает возможность понять и освоить метод, технологию и современные инструментальные решения имитационного моделирования, приобрести практические навыки по созданию имитационных моделей, ознакомиться с наиболее существенными его приложениями с целью широкого применения для решения конкретных практических задач в сфере экономики и управления.

Методологические и системологические аспекты имитационного моделирования позволяют учащемуся определять его специфические черты по отношению к другим видам моделирования, как алгоритмических моделей особого типа, отражающих ментальность лица, принимающего решение, структуру и динамику моделируемой социально-экономической системы, экспериментальную природу имитации, определяющие область применимости моделей этого класса.

Специфика и междисциплинарный характер метода предполагают в качестве обеспечивающих такие дисциплины математического цикла, как теория вероятностей, математическая статистика, методы планирования эксперимента, теория массового обслуживания, системный анализ, исследование операций в части конструктивных методов оптимизации, численные методы, а также знание основ информатики, программирования и объектно-ориентированного анализа.

Технологические аспекты имитационного моделирования включают приобретение знаний и практических компетенций в части содержания деятельности системного аналитика на всех этапах имитационного моделирования, включая концептуализацию и объектно-ориентированный анализ при программировании имитационной модели, применение методик и процедур оценки достоверности имитационных моделей, организацию и проведение направленного вычислительного эксперимента, применение методов оптимизации и сценарного планирования в вычислительном эксперименте, а также освоение в ходе тренингов и практических занятий инструментальных возможностей современных коммерческих симуляторов, таких как *Gpss World*, *Arena*, *Vensim*, *AnyLogic*.

В курсе изучаются популярные, закрепившиеся в современных инструментальных решениях, а также универсальные парадигмы и концепции алгоритмизации сложных систем и процессов, применяемые в имитационном моделировании. Среди дискретного имитационного моделирования наиболее популярным и ярким представителем является блочно-ориентированный процессный подход, берущий начало от языка моделирования *GPSS*, предложенного Дж. Гордоном. В этом классе моделей рассматриваются также сетевые парадигмы и агрегативный подход, разработанный отечественной научной школой под руководством Н.П. Бусленко.

Также в теоретическом курсе представлены наиболее важные принципы построения, парадигма и общая структурная схема моделей системной динамики. Знакомство с моделями и методами системной динамики может быть существенно расширено изучением фундаментальных работ Дж. Форрестера, основателя моделей этого класса. 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 широ-

ком 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, или «тренажеры для менеджеров»; интересные и популярные образовательные проекты в сфере бизнеса, создание широкой сети консалтинговых организаций и отделений общества системной динамики по всему миру, применяющих и популяризирующих идеи Дж. Форрестера и его последователей. Сегодня системная динамика, которую осваивают во всех престижных бизнес-школах мира и магистерских программах, демонстрирует новый вид системного мышления у менеджеров и управленцев. Модели системной динамики находят широкое распространение в задачах исследования сложных систем из сферы производства и экономики, торговли и городского хозяйства, из области социальных проблем, проблем экологии и охраны окружающей среды.

Относительно новой парадигмой компьютерного моделирования является мультиагентное имитационное моделирование, позволяющее изучать системные закономерности в результате воспроизведения индивидуального поведения и взаимодействия активных объектов, называемых агентами. Это направление осваивается и развивается 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 – экономики поведения.

Основной акцент образовательных программ в сфере управления приходится на рассмотрение наиболее существенных приложений имитационного моделирования в сфере экономики и управления. Применение дискретного имитационного моделирования требует изучения как наиболее простых объектов – систем массового обслуживания общего типа, так и моделирования бизнес-процессов и цепей поставок. В ходе обучения рассматриваются концептуальные основы моделирования дискретных производственных систем, решение сложных задач в области логистики, управления цепями поставок, включая рассмотрение экономических постановок задач по стратегической и тактической оптимизации цепей поставок, и другие комплексные решения в области логистики, наиболее востребованные сегодня бизнес-приложениями в инжиниринговой и консалтинговой деятельности.

Изучение наиболее существенных приложений системной динамики начинается с «Индустриальной динамики» Дж. Форрестера, с простой модели производственно-сбытовой системы, что дает возможность учащимся сопоставить решения в этой области на основе различных парадигм имитационного моделирования, включая процессный подход, системную динамику и агентное моделирование. В учебном курсе подробно рассматриваются актуальные сферы применения системной динамики и имитационного моделирования в корпоративном и стратегическом управлении. Имитационное моделирование предприятий сегодня является наиболее перспективной и быстро развивающейся сферой применения имитационного моделирования для бизнеса и корпораций.

Системная динамика является эффективным методом исследования социально-экономических систем, включая городские и региональные системы. В учебном процессе используются демонстрационно-обучающие комплексы, библиотеки типовых решений и диаграммы, составленные на основе оригинальных работ Дж. Форрестера «Динамика города», «Мировая динамика», что позволяет в процессе обучения закрепить базовые идеи метода, отработать нормативные подходы системной динамики в

построении системных потоковых диаграмм модели и механизмы формирования обратных связей в динамических моделях.

Изучение базовых приложений и фундаментальных работ, представленных в теоретическом курсе, позволяет учащимся развить на практике самостоятельный подход к построению авторских имитационных моделей предприятий, социально-экономических систем, для анализа и решения конкретных управленческих проблем и ситуаций.

В зависимости от направления, профиля подготовки или намеченных индивидуальных траекторий обучения спектр рассматриваемых приложений может быть сужен до логистики, стратегического управления цепями поставок, городских систем и т.д.

Современные образовательные технологии предполагают ориентацию на самостоятельное обучение, поддерживаемое применением тематических демонстрационно-обучающих комплексов в учебном процессе, дистанционное обучение, поддержку групповой работы в проектных коллективах. В учебном процессе применяются демонстрационно-образовательные комплексы по фундаментальным работам Дж. Форрестера, «Акселераторы роста в работах Дж. Стермана», библиотека решений «Стратегическая архитектура Кима Уоррена», модели городских и региональных систем, созданные на кафедре информационных систем под руководством Н.Н. Лычкиной, интерактивные деловые и имитационные игры. Групповая работа в проектных коллективах позволяет студентам выступать в роли экспертов по проблеме и участвовать в совместных экспертных ревизиях, отрабатывать коммуникации в групповых ИТ-проектах.

Переход на двухуровневую систему подготовки ориентирован на подготовку «пилота» в качестве бакалавра, поэтому предполагает работу с типовыми решениями и освоение техники создания простых имитационных моделей; магистерские программы, как показывает зарубежный опыт, должны включать проведение НИР и научных семинаров по широкой тематике, иметь научно-исследовательскую составляющую проектов и ориентировать учащегося на создание собственных моделей, т.е. подготовку «проектировщика» социально-экономической системы, умеющего с помощью компьютерного моделирования решать уникальные сложные проблемы и принимать обоснованные управленческие решения. В университетах США и Европы создано большое число магистерских программ в различных областях (бизнес-приложения, организационные системы и цепи поставок, экология, здравоохранение и социальная политика и многие другие) с различным уровнем сложности, начиная с базового уровня и обучения системному мышлению до программ для продвинутых системных аналитиков по различным областям управления. Применяется система кредитов для студентов, в зависимости от количества прослушанных программ. Активно развивается международное сотрудничество в научной сфере и образовательных проектах в области системной динамики (*sysdynamics.ru*).

Инфраструктура исследовательской базы может быть создана, как показывает международный опыт, при университетах, где сосредоточены наиболее квалифицированные кадры. В крупнейших университетах мира также созданы крупные научно-исследовательские лаборатории и институты, занимающиеся различными проблемами управления на основе методологии системной динамики. Для практической реализации научно-исследовательских проектов в области имитационного моделирования необходимы:

- проведение научных исследований в научно-исследовательских лабораториях ведущих университетов на стадии концептуализации проблемы, применения математического и других видов анализа, включая онтологии, как при параметризации имитационных моделей, так и проведении сценарных исследований;

- хорошо организованный, продвинутый в разработке системно-динамических моделей консалтинг, включающий управленческий консалтинг на стадии концептуализации и структуризации модели, а также подготовки и интерпретации результатов сценарных исследований и сложной динамики, а также грамотный ИТ-консалтинг, ориентированный на работу в высокотехнологичных средах коммерческих симуляторов и других интеллектуальных средах;

- обучение TOP-менеджмента, ответственного за принятие решений, системному мышлению с помощью деловых, имитационных игр и шаблонов на стадиях подготовки ментальных моделей и сценариев, проведение тренингов по обучению пользованию имитационными моделями;

- реализация интегративных ИТ-проектов, совместно со стратегическими партнерами университета и работодателями, по различным направлениям: расширение функционала CASE-средств и BPMS-систем за счет возможностей Simulation Software; систем сбалансированных показателей и системно-динамической модели с индикаторными панелями; интеграция с корпоративными информационными системами, модули планирования в SCM- APS- ERP-системах; аналитические приложения в стратегических информационных системах SEM; и, наконец, современное цифровое производство и т.д.

Развитие дополнительного профессионального и бизнес-образования активизирует применение современных технологий и решений имитационного моделирования в бизнес-среде. Сегодня группы системной динамики существуют во многих бизнес-школах при университетах, они отработывают методики очного и дистанционного обучения системной динамики для менеджмента. Эти курсы очень популярны в среде специалистов. Крупнейшими центрами в этой области являются Массачусетский технологический институт (Дж. Стерман, США), Лондонская школа бизнеса (Дж. Моректрофт, Англия), Манхеймский университет (П. Миллинг, Германия) и многие другие. Опыт создания авторской программы в системе российского бизнес-образования по имитационному моделированию экономических процессов реализован при ВШБ ГУУ (*mbiprogram.ru*).

Широкое распространение в процессе образования системно-динамическая методология получила с середины 80-х годов, когда в рамках проекта K-12 (Kindergarten-12), возглавляемого Дж. Форрестером при содействии Б. Ричмонда, системную динамику ввели в образовательный процесс уже на уровне средних школ (до этого системная динамика преподавалась только на университетском уровне). Этот опыт актуален в условиях становления непрерывного образовательного процесса в России.

Интерактивные имитационные игры являются эффективной методикой управленческого образования. Весьма плодотворным в управленческом образовании оказалось взаимодействие системной динамики с другой областью, связанной с имитационными (деловыми) играми (Simulation and Gaming). Так, на базе системно-динамических моделей и методологии было создано большое количество имитационных игр, называемых в зарубежной литературе «имитаторами полетов для менеджеров» (Flight Simulators). Интерактивные имитационные игры эффективно использовались Дж. Стерманом и другими для проверки различных правил принятия решения прямым экспериментированием. Такие «тренажеры для пилотов менеджмента» также были той дверью, которая открыла системную динамику менеджерам предприятий. На основе некоторых типовых имитационных моделей/игр были разработаны «учебные имитационные модели», являющиеся расширенными версиями традиционных учебных примеров, часто используемых в менеджменте при обучении. В России очень популярны и применяются на управленческих специальностях игры: «У озера», «Всемирное рыболовство», «Пивная игра», «Стратегема», «Полисфера», «Эконет» и др. В России есть все предпосылки для созда-

ния индустрии имитационных игр для экономических и факультетов государственного управления в университетах.

Актуальной задачей является подготовка монографий и учебных пособий, ориентированных на экономистов и управленцев, перевод популярных изданий в бизнес-среде на русский язык. Среди наиболее известных работ в этой области являются книги Дж. Стермана «*Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World*» [2], К. Уоррена «*Competitive Strategy Dynamics*», «*Strategic Management Dynamics*» [3,4], Дж.Морекрофт «*Strategic Modelling and Business Dynamics*» [5]. Недавно вышедшее в издательстве ИНФРА-М учебное пособие автора «Имитационное моделирование экономических процессов», на которое получен гриф российского образования, содержит компактное изложение теоретического курса, может быть рекомендовано и для самостоятельного изучения, адаптировано для экономического и ИТ-образования; автор надеется, что настоящее учебное пособие позволит компенсировать недостаток учебной литературы в этой области и будет способствовать активному освоению современных технологий и решений имитационного моделирования в образовательных программах высшей школы и бизнес-образовании, а также их распространению в бизнес-среде и сфере государственного и территориального управления.

Литература

1. **Лычкина Н. Н.** Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. Пособие. М.: ИНФРА-М, 2012. 254 с. (Высшее образование).
2. **Sterman John.** *Business Dynamics – Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw-Hill Higher Education, 2000.
3. **Warren Kim.** *Competitive Strategy Dynamics*, London Business School, John Wiley&Sons Ltd., 2002.
4. **Warren Kim.** *Strategic Management Dynamics*, London Business School, John Wiley&Sons Ltd., 2008.
5. **Morecroft John.** *Strategic Modelling and Business Dynamics A Feedback Systems Approach*, John Wiley&Sons Ltd., 2007.