

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ
ПРЕДПРИЯТИЯ: ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ,
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Е. С. Петрова

**SIMULATION MODELING OF PROCESSES
OF THE ENTERPRISE: INFORMATION SUPPORT,
MODERN CONDITION AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT**

E. S. Petrova

Аннотация. Актуальность и цели. Современные тенденции информатизации общества оказывают закономерное влияние на автоматизацию процессов принятия решений. Одним из наиболее эффективных методов поддержки остается имитационное моделирование управленческих процессов в организации. Целью данной статьи является рассмотрение особенностей формирования системы информационного обеспечения для проведения указанных исследований на разных этапах развития общества, а также перспективные направления совершенствования данного подхода. *Материалы и методы.* При написании статьи применялись методы эмпирического исследования и общелогические методы и приемы исследования. Выделяются и описываются характерные особенности имитационного моделирования на разных хронологических этапах, проводится сравнительный анализ поколений средств имитационного моделирования. *Результаты.* В рамках статьи раскрыто понятие, проведено исследование этапов формирования технологий имитационного моделирования, описана собственная разработка автора по данному направлению, представлены основные направления развития и перспективы. *Выводы.* Применение методов имитационного моделирования в управленческой деятельности позволяет существенно повысить эффективность управления деятельностью организаций и определить наиболее перспективные направления ее развития.

Ключевые слова: система имитационного моделирования, динамическая модель, вероятностная модель, метод Монте-Карло.

Abstract. Background. Modern trends of Informatization of society have a natural impact on the automation of decision-making processes. One of the most effective methods of support remains simulation modeling of management processes in the organization. The purpose of this article is consideration of features of formation of information support system for conducting these studies at different stages of development of society, as well as future directions for the improvement of this approach. *Materials and methods.* When writing the article we used the methods of empirical research and General logical methods and techniques of research. Allocated and describes the characteristics of the simulation at different chronological stages, a comparative analysis of generations of simulation tools. *Results.* The article reveals the concept, the study of the stages in the formation of technologies of simulation, described their own development of the author in this direction, the main directions of development and prospects. *Conclusions.* The use of simulation methods in

management can significantly improve the efficiency of management of organizations and to identify the most promising directions of its development.

Key words: system of simulation modeling, dynamic model, probability model, Monte-Carlo method.

Введение

Формирование информационного общества диктует свои требования к организации управленческой деятельности, которая становится все более подверженной влиянию новых технологий. Имитационное моделирование в этой связи доказало свою эффективность при исследовании и проектировании такой исключительно сложной системы, как промышленное предприятие. Модель в этом случае формируется в виде алгоритма, в котором заложены все значимые элементы, связи между элементами системы и задаются начальные значения параметров, которые соответствуют точке отсчета, т.е. «нулевому» моменту времени. Средства логической обработки данных при выполнении указанного алгоритма позволяют определить все последующие изменения в системе.

Если рассматривать процесс изготовления изделий, то он прежде всего характеризуется изменением во времени и пространстве большого количества материальных, трудовых, финансовых и информационных потоков, имеющих отношение к подготовке производства, доставке материалов и энергии, выполнению множества технологических и обслуживающих производственных операций, хозяйственному и финансовому обеспечению, сбыту и реализации продукции. Естественно, поведение производственной системы нельзя представить или оценить каким-либо одним показателем.

Повышение научной обоснованности методов управления производством предполагает решение проблем рационального использования материальных и трудовых ресурсов, увеличение эффективности работы оборудования. Создание новой конкурентоспособной техники связано с поиском и разработкой различных многовариантных решений. В этой связи широкое использование экономико-математических методов и моделей позволяет обеспечить выбор наилучшего варианта управления с точки зрения экономии ресурсов, повышения эффективности проектирования и производства современной конкурентоспособной продукции.

Применение методов имитационного моделирования открывает широкие перспективы для осуществления комплексного технико-экономического анализа деятельности фирм, совершенствования их организационной структуры управления, прогнозирования наиболее эффективных направлений их развития.

При проведении имитационного эксперимента компьютер имитирует процесс функционирования системы и рассчитывает параметры свойств, которые вырабатывает система. Применение средств компьютерной техники в системе производственного планирования и управления, кроме ускорения обработки больших объемов информации, дает возможность на выходе получить более качественные управленческие решения. Это достигается как повышением надежности моделируемых планов, более полно учитывающих приемлемые изменения параметров производственных процессов, так и выбором наилучшего планового решения.

Таким образом, применение систем имитационного моделирования при выработке управленческого решения может использоваться руководителями предприятия или лицами, принимающими решения, для тренировки навыков прогнозирования показателей деятельности организации при влиянии на нее различных факторов внешней и внутренней среды.

Развитие информационного обеспечения средств имитационного моделирования процессов управления деятельностью предприятия

В рамках данной статьи проведем обзор основных этапов развития информационного обеспечения средств имитационного моделирования процессов управления деятельностью предприятия. Для удобства восприятия представим информацию в табл. 1.

Таблица 1

Обзор поколений развития систем имитационного моделирования

Поколение	Годы	Программные средства и продукты	Краткая характеристика поколения
1	2	3	4
I поколение	Конец 40-х – 50-е гг. XX в.	–	Специальная программная поддержка моделирования отсутствовала. Программы разрабатывались на языках Algol и Fortran
II поколение	Конец 50-х – начало 70-х гг. XX в.	В начале 60-х гг. появились первые языки моделирования: SLAM, SIMULA, CSL, GPSS, SOL, SIMSCRIPT и др. Второе поколение языков моделирования (60-е гг. XX в): GPSS V, SIMULA 67, SIMSCRIPT II.5, GASP-IV и др.	Для описания процесса моделирования разработаны специальные алгоритмические конструкции, генераторы случайных чисел, средства представления результатов. Разработаны системы автоматизации моделирования (SIMULA), но они отличались сложностью для восприятия и требовали специальных знаний при применении
III поколение	70-е гг. XX в.	MODEL-6, ACSL, GEAR, DEMOS, CADSIM и др.	Разработаны средства комбинированного непрерывно-дискретного моделирования. Продолжают развиваться разработанные языки моделирования и средства поддержки моделирования, которые направлены на повышение эффективности процесса моделирования и его дальнейшее масштабирование

1	2	3	4
IV поколение	80-е гг. XX в.	SLAM II PC System Animation, PC Model SIMFACTORY, GPSS PC и др.	Разработаны системы имитационного моделирования, содержащие интерфейс непрограммирующего пользователя, входные и выходные анализаторы. Появилась возможность применять анимацию при построении моделей. Появление персональных ЭВМ с использованием средств графического интерфейса позволило визуализировать процесс моделирования
V поколение	90-е гг. XX в.	SIMPLEX II, SIMPLE ++ и др.	Характеризуются наличием графического интерфейса, созданием интегрированных сред для разработки и редактирования имитационных моделей, планирования экспериментов, управления процессом моделирования и анализа полученных результатов. Разработаны средства технологической поддержки процессов распределенного имитационного моделирования на мультипроцессорных ЭВМ и сетях
IV поколение	Конец 90-х гг. XX в. – по настоящее время	Arena, AutoMod, Anylogic, GPSS World, Simulink, NetLogo, Mimosа и др.	Разработаны интегрированные системы имитационного моделирования, в которых сочетаются технологии визуализации, проектирования и анализа полученных результатов, позволяющие автоматизировать процесс моделирования, начиная с постановки задачи, заканчивая анализом и представлением результатов

Необходимо отметить, что современные системы имитационного моделирования обладают широким спектром инструментов анализа и представления результатов. Реализована поддержка пользователей как в формате учебных пособий, так и в виде курсов и тренингов, онлайн-помощников. Указанные продукты построены на принципах открытой архитектуры, ис-

пользуют методы графического построения модели и методы программирования, но языки программирования в каждом программном продукте используются свои. Структура производственного процесса представлена в иерархической форме, что улучшает ее наглядность и восприятие. В имитационном моделировании широкое распространение получили методы анимации, начиная от классической анимации и визуализации модели, заканчивая 3D-моделированием и возможностью просмотра в режиме реального времени. Практически все системы имитационного моделирования базируются на использовании комплекса методов анализа данных, таких как метод Монте-Карло, сценарный анализ, анализ чувствительности и метод оптимизации.

Виды имитационного моделирования

На практике выделяют три основных подхода к процессу имитационного моделирования (рис. 1).

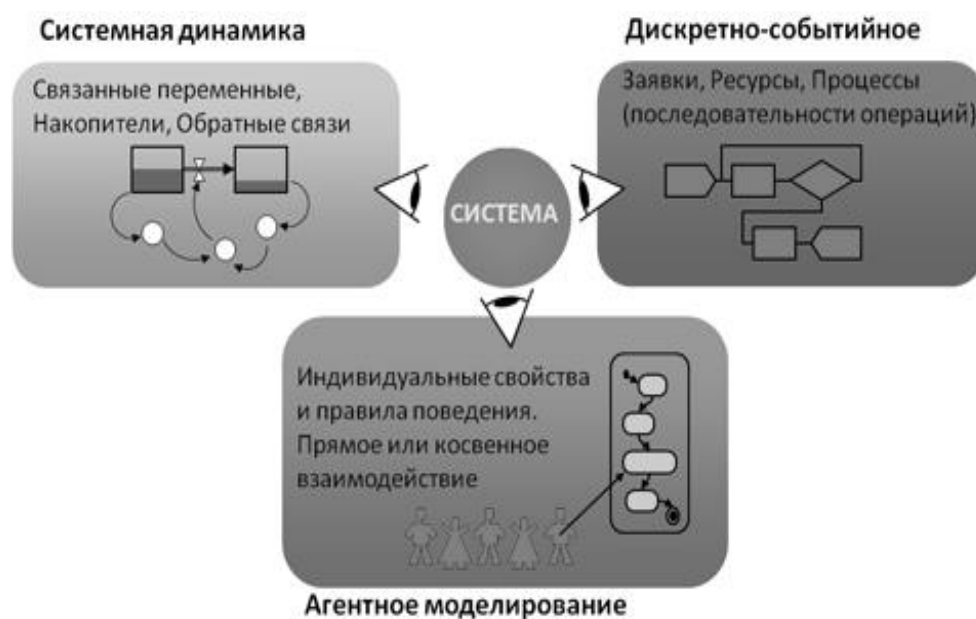


Рис. 1. Виды имитационного моделирования [1]

Рассмотрим их более подробно.

Дискретно-событийное моделирование предполагает наличие возможности описания бизнес-процессов как последовательности отдельных дискретных событий или дискретных операций. Чаще всего оно используется при моделировании систем обслуживания потоков объектов, например покупателей, клиентов банка, абонентских вызовов, поликлиническое обслуживание пациентов и т.д., т.е. систем массового обслуживания.

Основополагающим аспектом дискретно-событийного моделирования является концепция заявок, или транзактов, ресурсов и потоковых диаграмм, которые определяют потоки заявок и использование ресурсов. Автором этого подхода является Дж. Гордон, который, работая в IBM, в 60-х гг. XX в. при-

думал и реализовал GPSS. Заявки – это пассивные объекты, представляющие людей, детали, документы, задачи, сообщения и т.п. Они отражаются в потоковых диаграммах, изменяя свое состояние: стоя в очередях, обрабатываясь, захватывая и освобождая ресурсы, разделяясь, соединяясь и т.д. Дискретно-событийное моделирование имеет широчайшее применение – от логистики и систем массового обслуживания до транспортных и производственных систем.

Агентное моделирование ориентировано на обработку данных децентрализованной модели. Как правило, такая модель состоит из множества уникальных объектов, называемых агентами, и их окружения. Поведение агентной системы описывается опосредованно, через описание поведения каждого агента, которое удобно представляется с помощью карты состояний. Глобальное поведение агентной системы оценивается как результат взаимодействия всех агентов системы.

Для сложных систем, которые представлены большим количеством активных объектов, имеющих выраженные особенности поведения, агентное моделирование является наиболее удобным и универсальным инструментом, который позволяет учесть структуру и поведение любой сложности.

Существенным достоинством подобных моделей является возможность получения глобальных характеристик системы и построения ее имитационной модели даже в том случае, когда информация о зависимостях на глобальном уровне отсутствует. С использованием карты состояния агентов строится соответствующая агентная модель и разрабатывается прогноз ее глобального поведения в той или иной ситуации.

Системная динамика позволяет моделировать сложные системы на высоком уровне абстракции, не принимая в расчет такие мелкие характеристики, как частные свойства отдельных продуктов, событий или людей. Такие имитационные модели позволяют получить общее видение рассматриваемой системы и наилучшим образом подходят для процессов стратегического планирования. В качестве примера можно рассмотреть процесс разработки маркетинговой кампании торговым предприятием, которое может построить ее имитационную модель и проанализировать эффективность новых способов взаимодействия с клиентами и продвижения товаров, не моделируя поведение каждого клиента в отдельности. В данном случае глобальное поведение системы может быть описано с помощью причинно-следственных диаграмм, а взаимозависимости факторов модели строятся на основе циклов обратной связи. Достоинством метода является возможность создания имитационных моделей, не перегруженных лишними деталями, а также возможность использования глобальных взаимосвязей с заданием значений различных параметров и переменных в системе.

Практическая реализация динамической системы с дискретным вмешательством случая

Наличие современных инструментов обработки информации позволяет разрабатывать универсальные и эффективные системы программ моделирования сложных производственных процессов со случайной компонентой. По-

добные программы позволяют снизить нагрузку на клиента/пользователя при построении формализованной модели, так как имеют более обширный спектр возможностей. В области формализации сложных систем с учетом случайных факторов лучшим образом зарекомендовала себя динамическая система с дискретным вмешательством случая. Данная модель доведена до практической реализации в виде программного комплекса имитационного статистического моделирования SIMWEK 1.0 [2].

В основе программного комплекса лежит подход системной динамики Дж. Форрестера [3], который используется при моделировании производственной и сбытовой деятельности компаний. В процессе моделирования воспроизводятся информационные, материальные и финансовые потоки организации, а также структура взаимодействия ее подразделений. Возможен учет изменения состава работающих на предприятии. Результатом моделирования аналитической модели, отображающей процессы фирмы в статистике, обычно является производственная функция. В отличие от нее итогом моделирования SIMWEK 1.0 с учетом всех указанных параметров является подробная экономико-математическая модель организации в виде системы линейных и нелинейных (при соответствующей аппроксимации кусочно-линейных) разностных уравнений. В ней отражается структура организации, учитываются все задействованные параметры ее структурных подразделений. Варианты применения таких моделей можно определить следующим образом: построение автоматизированной системы адаптивного управления фирмой в условиях изменяющейся рыночной ситуации, анализ и выбор принимаемых решений для предпринимателей, оценка эффективности инвестиций, а также в бизнесе в качестве основы экспертных систем поддержки принятия решений.

Процессы в рассматриваемой модели описываются в виде системы алгебро-дифференциальных уравнений, при формировании которой используются следующие элементарные процессы:

- имитация процесса сборки из некоторого количества исходных деталей конечного изделия – процесс объединения;
- имитация процесса накопления запасов материалов, комплектующих, оборудования, денежных и других средств – процесс накопления;
- имитация технологических процессов изготовления и обработки отдельных компонентов изделия – процесс подготовки;
- имитация движения материальных и нематериальных потоков (финансовых, информационных и т.д.) – процесс передачи (транспортные коммуникации).

Программный комплекс SIMWEK 1.0 предназначен для построения имитационных моделей производственных систем по таким направлениям [4]:

- построение непрерывных динамических моделей на основе принципов системной динамики, предложенных Дж. Форрестером для моделирования производственной и сбытовой деятельности организаций. При этом воспроизводятся информационные, материальные и финансовые потоки организации, а также структура взаимодействия ее подразделений. Результатом моделирования является подробная экономико-математическая модель

фирмы в виде системы линейных и/или нелинейных (при соответствующей аппроксимации кусочно-линейных) разностных уравнений;

- разработка и построение вероятностных моделей, которые базируются на принципах статистической имитации методами Монте-Карло;

- разработка динамических моделей, основывающихся на принципах дискретно-событийного моделирования (Дж. Гордон, начало 60 гг. XX в). Основным объектом в этой системе является заявка на обслуживание или пассивный транзакт, который может некоторым образом представлять собой работников, детали, сырье, документы, сигналы и т.п. Передвигаясь по модели, транзакты становятся в очередь к одноканальным и многоканальным устройствам, захватывают и освобождают эти устройства, расщепляются, уничтожаются и т.д. Таким образом, дискретно-событийную модель можно представить как некую глобальную схему обслуживания заявок. В теории массового обслуживания рассматриваются аналитические результаты для большого количества частных случаев подобных моделей.

Разработанный программный комплекс SIMWEK 1.0 позволяет [4]:

- осуществлять ввод или изменение входной информации в диалоговом режиме с необходимыми подсказками, а также производить диагностику ее ошибок;

- рассчитывать значения показателей на элементах системы и визуализировать их в процессе исследования на экране в виде графиков и таблиц для дальнейшей обработки;

- осуществлять в процессе работы прерывания для изменения модели (например, изменение параметров элементов, величины источников, состояния дискретных элементов и др.), а также производить запоминание состояния модели, с которого можно продолжить расчет;

- визуализировать графическое изображение задействованных в модели переменных, полученных в результате произведенных расчетов;

- формировать результаты проведенного анализа в формате обобщающих показателей, таких как таблицы частотного распределения признаков, описательные статистики и др.;

- производить отдельную обработку отдельных блоков модели;

- выводить графические изображения и результаты анализа на устройства печати.

Процесс анализа и оценки преобразователей с помощью программного комплекса SIMWEK делится на следующие этапы [4]:

- 1) формирование теоретической модели преобразователя;
- 2) описание расчетных и функциональных схем, отображающих структуру объекта и особенности его функционирования;
- 3) подготовку и редактирование исходного описания модели на входном языке;
- 4) разработку и представление управляющей информации для каждой подсистемы;
- 5) отладку модели;
- 6) выполнение расчетов.

Наиболее важным и достаточно трудоемким этапом построения имитационной модели, который напрямую оказывает влияние на достоверность результатов исследования, можно назвать этап формирования модели преобразователя, разработки расчетных схем, определения корректной методики расчета параметров модели и их определения. Нужно отметить, что при его выполнении большое значение имеет интуиция и уровень знаний пользователя.

По итогам формирования расчетных схем и определения их параметров начинают подготовку и редактирование исходного описания модели на входном языке системы. Основные требования к составлению и редактированию исходного описания модели приведены ниже.

Здесь подготовительный этап работы завершается, и затем начинается процесс непосредственной работы по отладке модели, анализу и оценке преобразователя.

Отладка модели заключается в следующем:

- выявление ошибок в ее исходном описании, которые не поддаются идентификации системой контроля транслятора;
- оценка достоверности модели, т.е. корректности выбора расчетных схем и их ключевых параметров, правильности выбора данных, управляющих счетом, например шаг счета, интервал счета, величины, задающие точность счета.

В процессе отладки построенной модели используется некоторый типичный контрольный режим работы, осуществляется выполнение его расчета.

Программный комплекс SIMWEK апробирован на модели производственно-сбытового предприятия. Модель отображает процессы взаимодействия предприятия с заказчиками, производственные процессы, поставку сырья и материалов, динамику изменения численности рабочих, а также некоторые финансовые показатели. Сейчас мы рассматриваем в некоторой степени упрощенную программу, в модели которой не учтены подсистемы, связанные с учетом денежных средств, прибылей и расхода материалов, так как они не оказывают принципиального влияния на производственные процессы [4].

Рассматриваемая имитационная модель выполняет заказы по двум каналам: 1) отгрузки товаров со склада готовой продукции; 2) отгрузки товаров непосредственно с производства.

Представленная модель включает в себя следующие подсистемы, отображенные на рис. 2:

- первая подсистема предназначена для выполнения заказов клиентов за счет запасов и осуществления распределения части заказов на производство;
- функциями второй подсистемы является описание процесса оформления заказов на возмещение запасов на складе готовой продукции;
- третья подсистема предназначена для описания процесса производства по заказам клиентов и заказам на возмещение запасов;
- процесс оформления заказов на основные материалы описывает четвертая подсистема;

– пятая подсистема имеет целью описание процессов регулирования численности рабочих.

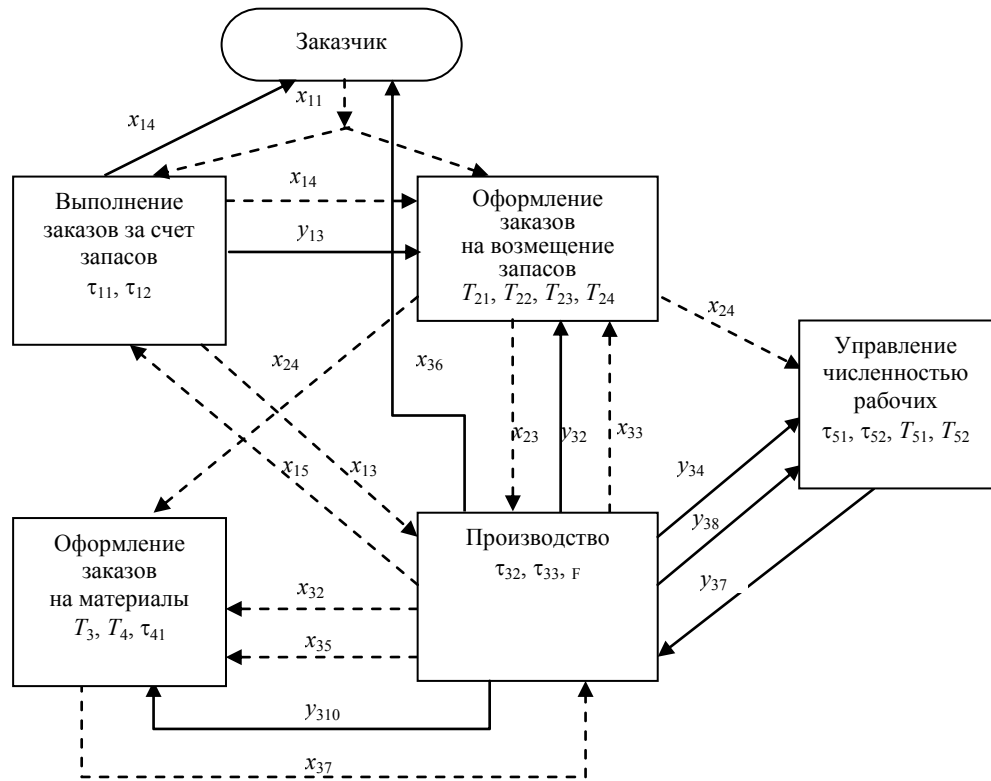


Рис. 2. Описание структуры модели производственно-сбытового предприятия

На приведенном рис. 2 стрелками отображены информационные и материальные потоки между задействованными подсистемами модели: x_{11} – поток заказов, поступающих на завод; x_{14} – отгрузка продукции из запасов завода; x_{24} – усредненный поток заказов заводу; x_{36} – отгрузка продукции по заказам покупателей; x_{15} – производство продукции для возмещения запасов; x_{13} – поток заказов, выполняемых производством; x_{23} – поток заказов производством на возмещение запасов; x_{32} – поток продукции по заказам покупателей; x_{33} – поток продукции на возмещение запасов; x_{35} – суммарный поток продукции, идущей в запас; x_{37} – поток материалов, поступающих на завод; y_{13} – фактический запас продукции; y_{32} – объем заказов на возмещение запасов в процессе производства; y_{37} – численность рабочих на заводе; y_{38} – численность рабочих, производящих избыточный запас продукции; y_{310} – запасы основных материалов.

На этом же рисунке отображены некоторые параметры имитационной модели: τ_{11} – запаздывание оформления требований на заводе; τ_{12} – запаздывание отгрузки продукции с завода; τ_{31} – нормальная продолжительность нахождения заказа в портфеле заказов; τ_{32} – минимальное время подготовки заказов к производству; τ_{33} – среднее время, необходимое для производства

продукции; τ_{41} – запаздывание поступления материалов на завод; τ_{51} – среднее время обучения персонала; τ_{52} – среднее время увольнения рабочих; F – производительность труда на заводе.

В процессе исследования в качестве параметров имитационной модели задаются постоянные времена T инерционных звеньев, которые отображают различные производственные операции.

Конечно, это далеко не единственный вариант имитационной модели рассматриваемой производственно-сбытовой системы. Структура модели, набор подсистем, заложенных в ее основу, определяются целями и задачами исследования, которые ставит перед собой пользователь, уровнем его компетентности, профессиональных знаний и опыта.

Перспективы развития систем имитационного моделирования

Ранее мы рассмотрели особенности формального описания и процесса исследования сложных объектов и систем, что позволило прийти к выводу о том, что в ходе имитационного моделирования и управления ими необходимо базироваться на подходах и принципах, которые лежат в основе современных технологий системного или комплексного моделирования. На практике, как показывает анализ, при решении актуальных проблем структурно-функционального синтеза облика гибридных интеллектуальных систем управления, желательны рассматриваемые технологии системного моделирования, которые традиционно связывают с количественными вычислениями, дополнять технологиями искусственного интеллекта, предназначенными для символической обработки информации. К таким интеллектуальным технологиям относятся [5]:

- технология мультиагентного моделирования, применение которой позволяет оценить управленческие решения и степень влияния положительных и негативных воздействий внешней среды на отдельные субъекты экономики и на макроэкономические показатели в целом;

- технология экспертных систем или систем, основанных на знаниях, которые аккумулируют знания экспертов в конкретных предметных областях и тиражируют их для получения консультаций менее квалифицированными пользователями;

- технология ассоциативной памяти, которая представляет собой физическую или компьютерную систему, действующую по принципу человеческой памяти по классическим законам ассоциаций;

- технология нечёткой логики, которая дает возможность улучшить количественное информационное обоснование любой системы, что обуславливает наличие аналитически определенных приоритетов для параметров модели, включенных в анализ, и повышает эффективность их использования;

- технология искусственных нейронных сетей, которая представляет собой некие вычислительные структуры, моделирующие простые биологические процессы, чаще всего отождествляемые с деятельностью человеческого мозга;

– технология когнитивного картирования, которая представляет собой графическое отображение имеющегося в сознании человека плана или стратегии сбора, переработки и хранения информации, является базой его представлений о прошлом, настоящем и будущем;

– технология операционного кодирования, которая обеспечивает базу для выбора когнитивных ориентаций, занимающих главное место в когнитивной структуре человека, т.е. представлений, которые он применяет в оценке различных событий;

– технология эволюционного моделирования, которая применяется при автоматизации решения самых разнообразных оптимизационных задач, а также при доработке и усовершенствовании искусственных систем посредством присвоения им параметров адаптивного поведения и самоорганизации.

Заключение

Несмотря на отмеченные недостатки, в настоящее время имитационное моделирование является основой для создания новых перспективных технологий управления и принятия решений в сфере бизнеса, а развитие вычислительной техники и программного обеспечения делает этот метод все более доступным для широкого круга специалистов-практиков. Перспективы развития систем имитационного моделирования весьма широки. Это удобный инструмент поддержки принятия управленческого решения, который с успехом может быть применен в любой сфере или отрасли народного хозяйства.

Таким образом, можно резюмировать, что имитационное моделирование позволяет учесть максимально возможное число факторов внешней среды для поддержки принятия управленческих решений и является одним из наиболее мощных средств анализа. Необходимость его применения в отечественной практике управления производственными процессами обусловлена особенностями российской экономики, характеризующейся зависимостью от внешнеэкономических факторов и высокой степенью неопределенности.

Результаты имитации могут быть дополнены вероятностным и статистическим анализом и в целом обеспечивают менеджера наиболее полной информацией о степени влияния ключевых факторов на ожидаемые результаты и возможных сценариях развития событий.

Библиографический список

1. Имитационное моделирование. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Шаранов, И. М. Программный комплекс имитационного моделирования SIMWEK-1.0 : свид. гос. рег. программы для ЭВМ № 20111613917 / И. М. Шаранов, Е. С. Петрова [Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам]. – Зарег. в Реестре программ для ЭВМ 22 июля 2011 г.
3. Соболев, И. М. Метод Монте-Карло / И. М. Соболев. – М. : Наука, 1985.
4. Шаранов, И. М. Имитационное моделирование управленческих процессов в производственных системах / И. М. Шаранов, Е. С. Петрова // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. – 2011. – Вып. 18. – С. 5–10.
5. Плотников, А. М. Анализ современного состояния и тенденции развития имитационного моделирования в Российской Федерации (по материалам конференции

«Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД) / А. М. Плотников, Ю. И. Рыжиков, Б. В. Соколов, Р. М. Юсупов // Труды СПИИРАН. – СПб., 2013. – Вып. 2 (25). – С. 42–112.

Петрова Елена Сергеевна

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра статистики, эконометрики
и информационных технологий
в управлении,
Национальный исследовательский
Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева
E-mail: elespetrova@mail.ru

Petrova Elena Sergeyevna

candidate of economic sciences,
associate professor,
sub-department of statistics,
econometrics and information
technologies in management,
National Research Mordovia State
University named after N. P. Ogarev

УДК 334.7: 001.891.57

Петрова, Е. С.

Имитационное моделирование бизнес-процессов предприятия: информационное обеспечение, современное состояние и перспективы развития / Е. С. Петрова // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 4 (24). – С. 75–87.