

## 7 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Под имитационным моделированием понимается «разработка модели системы в виде программы для компьютера и проведение экспериментов с программой, вместо проведения экспериментов с реальной системой или объектом».

Имитационное моделирование применяется, когда невозможно построить аналитическую модель системы, учитывающую причинные связи, последствие, нелинейности, стохастические переменные, когда необходимо имитировать поведение системы во времени, рассматривая различные возможные сценарии ее развития при изменении внешних и внутренних условий.

Таким образом, имитационное моделирование – это высокоуровневая информационная технология с применением компьютеров и чаще всего используется при моделировании сложных систем и написано достаточное количество работ по разным подходам и точки зрения к имитационному моделированию [1-2].

Имитационное моделирование условно может быть представлено различными разновидностями или направлениями, соответственно имеющими свои методологии (рис. 1.2). Рассмотрим эти направления:

*Статистическое (численное) моделирование* является разновидностью имитационного моделирования. Изначально оно появилось в теории случайных процессов и математической статистике как способ вычисления статистических характеристик случайных процессов путем многократного воспроизведения течения процесса с помощью модели этого процесса [3]. Этот подход к исследованию реального процесса был назван методом статистических испытаний (методом Монте-Карло). Модели здесь строятся для явлений и систем объектов, входы и (или) функциональные соотношения между различными компонентами которой содержат элементы случайности или полностью случайных процессов, подчиняющиеся вероятностным законам.



Рисунок 7.1 - Разновидности (направления) имитационного моделирования

Статистическое моделирование в зависимости от области применения подразделяется на несколько направлений (рис.7.2).

Вероятностное моделирование (методы Монте-Карло) это направление развивается как способ решения математических задач – вычисление интегралов, решение систем линейных уравнений, решение дифференциальных уравнений.

Вероятностно-имитационное моделирование – применение теории вероятностей и методов Монте-Карло для построения имитационных моделей в молекулярной, статистической, квантовой, нейтронной физике, геофизике, газовой динамике, химической кинетике, в передаче и защите информации, в моделях массового обслуживания, финансовой математики, математической биологии и др.

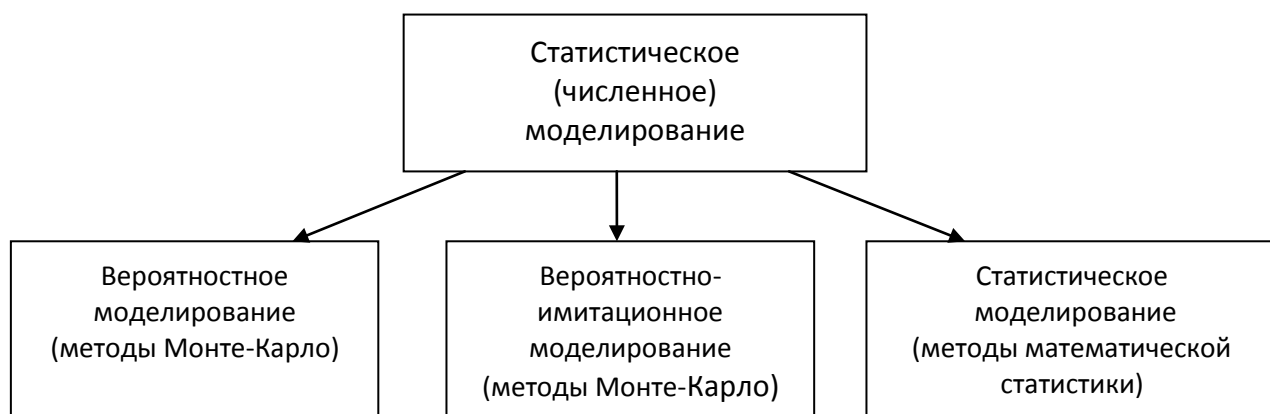


Рисунок 7.2 - Классификация видов статистического численного моделирования по типу решаемых задач

Статистическое моделирование – применение математической статистики для статистического оценивания и прогнозирования, корреляционнорегрессионного и многомерного статистического анализа, оптимизации систем, определения экстремума функций большого числа переменных и др. в различных отраслях производства и науки.

В экономических и социальных науках чаще всего используется статистическое моделирование. Прогнозирование можно считать одним из наиболее ценных приложений имитационного моделирования.

*Динамические системы.* Под *динамической системой* будем понимать любой объект, процесс или явление, для которого однозначно определено понятие состояния как совокупности некоторых величин и задан закон, который описывает изменение начального состояния с течением времени,двигающуюся в пространстве и изменяющуюся во времени. Динамическими объектами могут быть механические, производственные, физические, химические, биологические объекты, вычислительные процессы и др.

Динамические системы описываются различными способами: дифференциальными уравнениями, дискретными отображениями, марковскими цепями, графическими образами и др. Они классифицируются в зависимости от

вида оператора отображения и структуры фазового пространства. Различают линейные и нелинейные, непрерывные и дискретные операторы в соответствии определяются системы линейные и нелинейные, системы с *дискретным* временем и системы с *непрерывным* временем.

*Дискретно-событийное моделирование* обязано своим рождением Дж. Гордону, который в начале 1960-х спроектировал и реализовал на IBM систему дискретно-событийного программирования GPSS (Global Purpose Simulation System). Основной объект в этой системе — пассивный транзакт (заявка на обслуживание), который может определенным образом представлять собой работников, клиентов, покупателей, детали, сырье, документы, сигналы и т. п. «Перемещаясь» по модели, транзакты становятся в очереди к одноканальным и многоканальным устройствам, захватывают и освобождают эти устройства, расщепляются, уничтожаются и т. д. Таким образом, дискретно-событийную модель можно рассматривать как глобальную схему обслуживания заявок. Аналитические результаты для большого количества частных случаев таких моделей рассматриваются в теории массового обслуживания.

*Системная динамика* – парадигма моделирования, где для исследуемой системы строятся графические диаграммы причинных связей и глобальных влияний одних параметров на другие во времени, а затем созданная на основе этих диаграмм модель имитируется на компьютере [4]. Метод основан Дж. Форрестером в 1950-х годах и используется для анализа сложных систем с нелинейными обратными связями. По сути, такой вид моделирования более всех других парадигм помогает понять суть происходящего выявления причинно-следственных связей между объектами и явлениями. С помощью системной динамики строят модели общества, мировой динамики, бизнес-процессов, развития города, модели производства, динамики популяции, экологии и развития эпидемии и другие. Системная динамика – это подход имитационного моделирования, своими методами и инструментами позволяющий понять структуру и динамику сложных систем. Также системная динамика – это метод моделирования, использующийся для создания точных компьютерных моделей сложных систем для дальнейшего использования с целью проектирования более эффективной организации и политики взаимоотношений с данной системой. Системная динамика главным образом используется в долгосрочных, стратегических моделях и принимает высокий уровень абстракции.

*Агентное моделирование* (agent-based model (ABM)) – разновидность имитационного моделирования, современный метод, позволяющий исследовать работу децентрализованных агентов и то, как такое поведение определяет поведение всей системы в целом [5].

В отличие от системной динамики аналитик определяет поведение агентов на индивидуальном уровне, а глобальное поведение возникает как результат деятельности множества агентов (моделирование «снизу вверх»).

Задача имитационного моделирования при агентном подходе заключается в определении характеристик состояния агентов и среды, изучения поведения

агентов при различных ситуациях взаимодействия и изменяющихся состояниях среды.

Через изучение поведения множества агентов в некотором пространстве согласно некоторым правилам взаимодействия, прогнозирование поведения системы в целом.

Цель создания агентных моделей — получить представление об этих глобальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении ее отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе.

Агентный подход позволяет исследовать задачи коллективного взаимодействия, эффективно решать задачи прогнозирования. Агентные системы позволяют исследовать процессы самоорганизации, дают возможность естественного описания сложных систем, обладают высокой гибкостью.

*Методология когнитивного моделирования*, предназначенная для анализа и принятия решений в *плохо определенных ситуациях*. Изначально когнитивный анализ сформировался в рамках социальной психологии, а именно – когнитивизма, занимающегося изучением процессов восприятия и познания. Применения разработок социальной психологии в теории управления привело к формированию особой отрасли знаний – когнитологии, концентрирующейся на исследовании проблем управления и принятия решений.

Под когнитивными технологиями понимается широкий спектр технологий рационализации и формализации интеллектуальных систем создания и функционирования знаний, экспертизы, коммуникации и принятия решения [6]. Когнитивные информационные технологии представляет собой совокупность методов, приемов, действий, процессов, осуществляемых в определенной последовательности, инструментальных средств (ПК), позволяющих преобразовать входную информацию в варианты управленческого решения.

В триаде «теория - натурный эксперимент – машинный имитационный эксперимент», последний блок является быстроразвивающимся научным методом, который применяется практически во всех высокотехнологических отраслях для моделирования сверхсложных систем. Когнитивная наука в широком смысле слова - совокупность наук о приобретении, хранении, преобразовании и использовании знания.

*Ситуационное моделирование*. Ситуационное моделирование (situational simulation), ситуационное управление (management situations) – направление исследований и принятия решений, развиваемое с 60-х гг. прошлого столетия [7].

Ситуационное управление – это метод управления сложными техническими и организационными системами, основанный на идеях теории искусственного интеллекта: представление знаний об объекте управления и способах управления им на уровне логико-лингвистических моделей, использование обучения и обобщения в качестве основных процедур при построении процедур управления по текущим ситуациям, использование дедуктивных систем для построения многошаговых решений.

### Вопросы для самоконтроля:

- 1 Охарактеризуйте направления имитационного моделирования.
- 2 Дайте классификацию видов статистического численного моделирования по типу решаемых задач

### Используемая литература:

- 1 Аверченков, В.И. Основы математического моделирования технических систем [Текст]: учеб. пособие / В.И. Аверченков, В.П. Федоров, М.Л. Хейфец. – М: Изд-во «Флинта», 2011. – 271с.
- 2 Алиев, Т.И. Основы моделирования дискретных систем [Текст] /Т.И. Алиев. – СПб: СПбГУИТМО, 2009. – 363 с.
- 3 Бусленко, Н.П. Метод статистического моделирования [Текст] / Н.П. Бусленко. – М.: Статистика, 1970. – 112 с.
- 4 Сидоренко, В.Н. Системная динамика. – М.: Эконом. факультет МГУ, ТЕИС, 1998. – 200 с.
- 5 Ивашкин, Ю.А. Агентные технологии и мультиагентное моделирование систем [Текст]: учеб. пособие / Ю.А.Ивашкин. – М.: МФТИ, 2013. – 268с.
- 6 Максимов В.И. Когнитивные технологии – от незнания к пониманию / Сб. трудов 1-й Международной конференции «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций», (CASC'2001). – М.: ИПУ РАН, 2001. – Т.1. – С. 4-18.
- 7 Саати Т.Л. Математические модели конфликтных ситуаций [Текст] / Т. Л. Саати. – М.: Сов. радио, 1977. – 306с.