

Лекция № 12

МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Вопросы лекции:

1. Моделирование как метод познания
2. Классификация моделей
3. Виды моделирования
4. Методы и технологии моделирования
5. Компьютерное моделирование
6. Интеллектуальные системы

Моделирование как метод познания

Объект — философская категория, если определять ее в пределах эпистемологии, выражающая существующее в реальной действительности (т.е. независимо от сознания) — предмет, явление, или процесс, на которые направлены предметно-практическая и познавательная деятельность субъекта.

В качестве объекта может выступать и сам субъект, в качестве субъекта выступает личность, социальная группа или все общество.

Модель — совокупность свойств и отношений между ними, выражающих существенные стороны изучаемого объекта, явления или процесса.

Модели всегда проще реальных объектов, но они позволяют выделить главное, не отвлекаясь на детали. В разных науках одни и те же объекты исследуются под разными углами зрения и строятся различные типы моделей.

Один и тот же объект иногда имеет множество моделей, а разные объекты могут описываться одной моделью.

Моделирование как метод познания

Модель — описание объекта (предмета, процесса или явления) на каком-либо формализованном языке, составленное с целью изучения его свойств.

Такое описание особенно полезно в случаях, когда исследование самого объекта затруднено или физически невозможно. Чаще всего в качестве модели выступает другой материальный или мысленно представляемый объект, замещающий в процессе исследования объект-оригинал. Соответствие свойств модели исходному объекту характеризуется адекватностью. Таким образом, модель выступает как своеобразный инструмент для познания, который исследователь ставит между собой и объектом и с помощью которого изучает интересующий его объект.

Виды моделей: статические, динамические, концептуальные, топологические, информационные, логико-лингвистические, семантические, теоретико-множественные и другие.

Процесс построения модели называется моделированием.

Моделирование — исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих предметов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя.

Моделирование как метод познания

Основные требования к модели:

- наглядность построения;
- обозримость основных свойств и отношений;
- доступность ее для исследования или воспроизведения;
- простота исследования, воспроизведения;
- сохранение информации, содержащиеся в оригинале (с точностью рассматриваемых при построении модели гипотез) и получение новой информации.

Свойства модели:

- **конечность**: модель отображает оригинал лишь в конечном числе его отношений и, кроме того, ресурсы моделирования конечны;
- **упрощенность**: модель отображает только существенные стороны объекта;
- **приблизительность**: действительность отображается моделью грубо или приблизительно;
- **адекватность**: модель успешно описывает моделируемую систему;
- **информативность**: модель должна содержать достаточную информацию о системе - в рамках гипотез, принятых при построении модели.

Моделирование как метод познания

Процесс (от лат. *processus* — продвижение), — последовательная смена состояний объекта во времени. Природа объекта может быть произвольной: **материальный** (природный или искусственный) или **идеальный** (понятие, теория и т.п.) **объект порождает соответственно материальный или идеальный процесс** (например, процесс приготовления пищи, процесс любовных переживаний).

Различают дискретные и непрерывные процессы. **У дискретных процессов состояния** четко отграничены друг от друга, и для каждого состояния можно указать соседние (предыдущее и последующее, или только одно из них). **У непрерывных процессов** между двумя любыми состояниями всегда можно выделить промежуточные, т.о. понятие соседних состояний к такому процессу неприменимо (можно говорить лишь о последовательных состояниях и о близости их друг другу во времени). Примером дискретного процесса является работа кассира в магазине (можно выделить состояния получения денег, выдачи сдачи, выдачи чека и т.п.). Примерами непрерывных процессов являются кипение воды, движение планет вокруг Солнца и др.

Моделирование как метод познания

Различают также **апериодические** и **циклические процессы** (в последних одни и те же состояния повторяются во времени в одной и той же последовательности), **конечные** (с известным или неизвестным временем протекания) и **бесконечные** (в некотором абстрактном смысле), **управляемые** и **неуправляемые**, **линейные** (однонаправленные) и **разветвленные процессы**. Эти и другие типы процессов выделяют в зависимости от задач, которые решаются при изучении или использовании процессов.

В зависимости от области науки или практики, которой принадлежит процесс, рассматривают физические, химические, биологические, социальные, психические, политические, экономические, информационные и др. процессы.

Если процесс связан с деятельностью, имеющей некоторую цель, то в нем часто выделяют этапы процесса (обычно связанные с промежуточными целями).

Процесс в информатике;

- Клиентский процесс
- Серверный процесс
- Синхронный процесс
- Асинхронный процесс

Классификация моделей

В силу многозначности понятия «модель» в науке и технике не существует единой классификации видов моделирования.

По виду различают натуральные (предметные) и **знаковые модели**.

Предметные модели воспроизводят геометрические, физические и другие свойства объектов в материальной форме (глобус, модель кристаллической решетки и др.).

Знаковые модели: вербальные, математические, информационные.

Вербальные модели – текстовые модели. Примеры: полицейский протокол, правила дорожного движения, учебник.

Математические модели – знаковые модели, использующие математические методы.

С точки зрения математического описания объекта и в зависимости от его характера модели можно разделить на **модели аналоговые** (непрерывные), **цифровые** (дискретные) и **аналого-цифровые** (комбинированные). Под **аналоговой моделью** понимается подобная модель, которая описывается уравнениями, связывающими непрерывные величины. Под **цифровой** понимают модель, которая описывается уравнениями, связывающими дискретные величины, представленные в цифровом виде. Под **аналого-цифровой** понимается модель, которая может быть описана уравнениями, связывающими непрерывные и дискретные величины.

Классификация моделей

Информационные модели - знаковые модели, описывающие возникновение, передачу, преобразование и использование информации в системах разнообразной природы. Информационные модели, при создании которых используются естественные языки, называются описательными моделями.

Формы представления информационных моделей: графическая (рисунок, схема, чертеж), табличная, вербальная (словесное описание), математическая (формулы), компьютерная (алгоритм, программа).

Типы информационных моделей:

- **табличные**, например, таблица умножения, периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева и т. д.;
- **иерархические** - модели, в которых объекты распределены по уровням; каждый элемент более высокого уровня может состоять из элементов нижнего уровня, а элемент нижнего уровня может входить в состав только одного элемента более высокого уровня; выделяют статические иерархические модели (файловая система компьютеров) и динамические иерархические модели (генеалогическое дерево)
- **сетевые** - модели, которые применяются для отражения систем со сложной структурой, где связи между элементами имеют произвольный характер; выделяют статические и динамические сетевые модели.

Классификация моделей

Функциональные модели - математические модели, отражающие процессы функционирования объекта (динамической системы) во времени.

В задачу функционального моделирования входит адекватное отражение физического или информационного состояния исследуемого объекта и процессов изменения состояний.

Для систем, непрерывно функционирующих во времени и допускающих описание аналитическими моделями, такого рода моделирование возможно путем обычного расчета, решения дифференциальных, интегральных уравнений и т.п.

Для систем, смена состояний которых происходит в дискретные моменты времени, возникают сложности аналитического представления. В этом случае подходят **алгоритмические модели**. Типичным представителем этого класса являются **имитационные модели**.

Классификация моделей

При **имитационном моделировании** реализующий модель алгоритм воспроизводит процесс функционирования системы во времени, причем имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени.

Основным преимуществом имитационного моделирования по сравнению с аналитическим является возможность решения более сложных задач. Имитационные модели позволяют достаточно просто учитывать такие факторы, как наличие дискретных и непрерывных элементов, нелинейные характеристики элементов системы, многочисленные случайные воздействия и другие факторы, которые часто создают трудности при аналитических исследованиях.

По природе возникновения целей модели подразделяются на **познавательные** и **прагматические**.

Классификация моделей

Познавательная модель - форма организации и представления знаний, средство соединения новых и старых знаний. Познавательная модель, как правило, подгоняется под реальность и является теоретической моделью.

Прагматическая модель - средство организации практических действий, рабочего представления целей системы для ее управления. Реальность в них подгоняется под некоторую прагматическую модель. Это, как правило, прикладные модели.

Инструментальная модель является средством построения, исследования и/или использования прагматических и/или познавательных моделей.

Познавательные модели отражают существующие, а прагматические - хоть и не существующие, но желаемые и, возможно, исполнимые отношения и связи.

В зависимости от характера изучаемых процессов виды моделирования могут быть разделены на **статические** и **динамические**, **детерминированные** и **стохастические**, **дискретные**, **непрерывные** и **дискретно-непрерывные**.

Классификация моделей

Модель:

- **детерминированная**, если для каждой допустимой совокупности входных параметров она позволяет определять однозначно набор выходных параметров; модель отображает процессы, в которых предполагается отсутствие всяких случайных воздействий;
- **стохастическая**, если отображает вероятностные процессы и события; в этом случае анализируется ряд реализаций случайного процесса и оцениваются средние характеристики;
- **дискретная**, если описывает поведение оригинала лишь дискретно, например, в дискретные моменты времени (для *динамической модели*);
- **непрерывная**, если описывает поведение оригинала на всем промежутке времени.

Виды моделирования

В силу многозначности понятия «модель» в науке и технике не существует единой классификации видов моделирования: классификацию можно проводить по характеру моделей, по характеру моделируемых объектов, по сферам приложения моделирования (в технике, физических науках, кибернетике и т. д.). Например, можно выделить следующие **виды моделирования**:

- Компьютерное моделирование
- Математическое моделирование
- Математико-картографическое моделирование
- Психологическое моделирование
- Статистическое моделирование
- Структурное моделирование
- Физическое моделирование
- Экономико-математическое моделирование
- Имитационное моделирование
- Эволюционное моделирование
- и т. д.

Методы и технологии моделирования

Абстрагирование - метод решения задачи, при котором объекты разного рода объединяются общим понятием (концепцией), а затем сгруппированные сущности рассматриваются как элементы единой категории. Абстрагирование позволяет отделить логический смысл фрагмента программы от проблемы его реализации, разделив *внешнее описание* (интерфейс) объекта и его *внутреннюю организацию* (реализацию).

Задача коммивояжера - задача математического программирования по определению оптимального маршрута движения коммивояжера, цель которого состоит в том, чтобы посетить все объекты, записанные в задании, за кратчайший срок и с наименьшими затратами. В теории графов - это поиск пути, связывающего два или более узла, с использованием критерия оптимальности. Решается с использованием волновых алгоритмов.

Регрессия - класс задач, в которых целью является оценка значения числовой выходной переменной по значениям входных переменных.

Методы и технологии моделирования

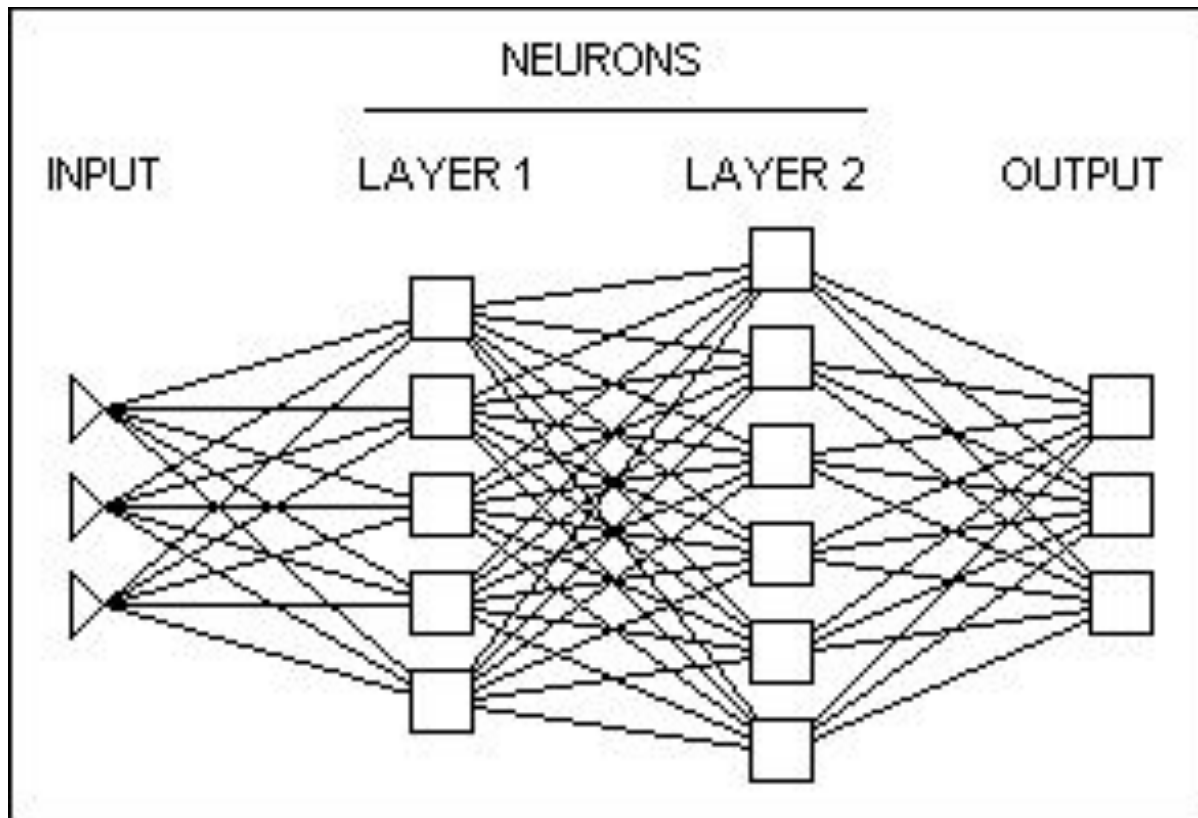
Эвристика (греч. «*heurésko*» - отыскиваю, открываю) -

эмпирическое правило, упрощающее или ограничивающее поиск решений в (сложной) предметной области; это методология разрешения проблем, использующая метод проб и ошибок, а также результаты эксперимента для нахождения прямого пути к решению. Хотя эвристическая методология может и не привести к оптимальному решению, она является более оперативным, дешевым и практичным подходом, чем методы оптимизации. В противоположность алгоритму (который описывает вполне определенный набор операций для получения конкретного результата), *эвристики* - это общие рекомендации или советы, основанные на статистической очевидности (например, "курение сокращает вашу жизнь", "мужчины с высшим образованием с большей вероятностью положительно отнесутся к этой рекламе, чем...") или теоретических рассуждениях.

Таким образом, **эвристические методы** увеличивают вероятность получения работоспособного (но не всегда оптимального) решения творческой задачи, возникшей, например, из-за неразработанности конкретной теории, неполноты или недостоверности исходных данных.

Методы и технологии моделирования

Нейронные сети - это класс аналитических методов, построенных на (гипотетических) принципах обучения мыслящих существ и функционирования мозга и позволяющих прогнозировать значения некоторых переменных в новых наблюдениях по данным других наблюдений (для этих же или других переменных) после прохождения этапа так называемого обучения на имеющихся данных.



Методы и технологии моделирования

Достоинства нейросетей:

- широкая область применения;
- это универсальные аппроксиматоры, которые позволяют моделировать очень сложные закономерности, что не доступно, например, классическим регрессионным моделям;
- нет необходимости заранее знать вид аппроксимируемой функции;
- нейронная сеть может быть легко дообучена с учетом вновь поступивших данных; для деревьев решений на сегодняшний день это большая проблема, поскольку не разработана методика «достроения» дерева, приходится строить дерево с нуля, не учитывая ранее построенное;
- существуют нейросетевые парадигмы, например, карты Кохонена, в которых процесс обучения происходит без учителя, т.е. сеть сама «разбирает» структуру данных.

Нейронные сети являются одним из методов так называемой ***добычи данных*** (Data Mining).

Компьютерное моделирование

Процесс моделирования включает три элемента:

- субъект (исследователь),
- объект исследования,
- модель, определяющую (отражающую) отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

Компьютерное моделирование является одним из эффективных методов изучения сложных систем. Часто компьютерные модели проще и удобнее исследовать, они позволяют проводить вычислительные эксперименты, реальная постановка которых затруднена или может дать непредсказуемый результат. **Логичность и формализованность компьютерных моделей** позволяет выявить основные факторы, определяющие свойства изучаемых объектов, исследовать отклик физической системы на изменения ее параметров и начальных условий.

Компьютерное моделирование требует абстрагирования от конкретной природы явлений, построения сначала качественной, а затем и количественной модели. За этим следует проведение серии вычислительных экспериментов на компьютере, интерпретация результатов, сопоставление результатов моделирования с поведением исследуемого объекта, последующее уточнение модели и т. д.

Компьютерное моделирование

Различают **аналитическое** и **имитационное моделирование**.

Аналитическими называются модели реального объекта, использующие алгебраические, дифференциальные и другие уравнения, а также предусматривающие осуществление однозначной вычислительной процедуры, приводящей к их точному решению. Имитационными называются математические модели, воспроизводящие алгоритм функционирования исследуемой системы путем последовательного выполнения большого количества элементарных операций.

Математическая модель — это упрощенное описание реальности с помощью математических понятий.

Математическое моделирование — процесс построения и изучения математических моделей реальных процессов и явлений. Все естественные и общественные науки, использующие математический аппарат, по сути занимаются математическим моделированием: заменяют реальный объект его моделью и затем изучают последнюю. Как и в случае любого моделирования, математическая модель не описывает полностью изучаемое явление, и вопросы о применимости полученных таким образом результатов являются весьма содержательными.

Компьютерное моделирование

Процесс разработки моделей и их исследование на компьютере:

Первый этап предполагает построение *описательной информационной модели*. Такая модель выделяет существенные, с точки зрения целей проводимого исследования, параметры объекта, а несущественными параметрами пренебрегают.

Очевидно, что модель утрачивает свой смысл как в случае тождества с оригиналом (тогда она перестает быть моделью), так и в случае чрезмерного во всех существенных отношениях отличия от оригинала. Таким образом, изучение одних сторон моделируемого объекта осуществляется ценой отказа от исследования других сторон. Поэтому **любая модель замещает оригинал лишь в строго ограниченном смысле**. Из этого следует, что **для одного объекта может быть построено несколько «специализированных» моделей, концентрирующих внимание на определенных сторонах исследуемого объекта или же характеризующих объект с разной степенью детализации.**

Компьютерное моделирование

На втором этапе создается **формализованная модель**, т.е. описательная информационная модель записывается с помощью какого-либо формального языка. В такой модели с помощью формул, уравнений, неравенств и так далее фиксируются формальные соотношения между начальными и конечными значениями свойств объектов, а также накладываются ограничения на допустимые значения этих свойств.

На третьем этапе необходимо формализованную информационную модель преобразовать в **компьютерную модель**, т.е. выразить ее на понятном для компьютера языке. Существуют два принципиально различных пути построения компьютерной модели:

- построение алгоритма решения задачи и его кодирование на одном из языков программирования;
- построение компьютерной модели с использованием одного из приложений (электронных таблиц, СУБД и т.д.)

Компьютерное моделирование

Четвертый этап — Компьютерный эксперимент.

Если компьютерная модель существует в виде программы, ее необходимо запустить на выполнение и получить результаты.

Если компьютерная модель исследуется в приложении, например, в электронных таблицах, можно провести сортировку или поиск данных, построить диаграмму или график и т.д.

Пятый этап состоит в анализе полученных результатов и корректировке исследуемой модели. В случае различия результатов, полученных при исследовании информационной модели, с измеряемыми параметрами реальных объектов, можно сделать вывод, что на предыдущих этапах построения модели были допущены ошибки или неточности.

Моделирование — циклический процесс. Это означает, что за первым четырехэтапным циклом может последовать второй, третий и т. д. При этом знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, а исходная модель постепенно совершенствуется. Недостатки, обнаруженные после первого цикла моделирования, обусловленные малым знанием объекта или ошибками в построении модели, можно исправить в последующих циклах.

Интеллектуальные системы

Формализация — перевод предметной задачи на четкий математический язык.

Формальная задача — задача, сформулированная в общих определениях (математический язык).

Уровни формализации задач:

- хорошо формализованные;
- плохо формализованные - задачи, которые нельзя решить без участия эксперта в данной области.

Искусственный интеллект (англ. *Artificial intelligence (AI)*) — раздел информатики, изучающий возможность обеспечения разумных рассуждений и действий с помощью вычислительных систем и иных искусственных устройств. При этом в большинстве случаев заранее неизвестен алгоритм решения задачи. В рамках искусственного интеллекта различают два основных направления:

- символьное (семиотическое, нисходящее) - основано на моделировании высокоуровневых процессов мышления человека, на представлении и использовании знаний;
- нейрокибернетическое (нейросетевое, восходящее) - основано на моделировании отдельных низкоуровневых структур мозга (нейронов).

Интеллектуальные системы

Искусственный интеллект — способность информационной системы к таким действиям, которые назывались бы интеллектуальными, если бы они исходили от человека.

Экспертные системы — это компьютерные системы, трансформирующие опыт экспертов в какой-либо области знаний в форму эвристических правил (или эвристик).
Экспертные системы основаны на использовании искусственного интеллекта.

Эволюционное моделирование применяется для решения широкого класса задач: классификация образов, кластеризация, аппроксимация, прогноз данных, оптимизация, ассоциативная память, управление динамическими объектами; при этом используются *генетические алгоритмы* и искусственные *нейронные сети*. Причем нейронные сети в сравнении с методами математической статистики справляются с перечисленными задачами тем успешнее, чем хуже формализуема задача.