

Лекция 9. Модели проектирования взаимодействия

Цель лекции: в лекции рассматриваются вопросы разработки модели человек-обработчик (МНР), их основные определения и понятия, определяется, в чем заключается модель GOMS, какова динамика ее моделирования. А также наибольшее внимание уделено вопросам проектирования модели уровня клавиатуры.

Вопросы для рассмотрения: Модель человек-обработчик (МНР). Модель уровня клавиатуры (KLM). Модель GOMS. Структура моделирования. Динамика моделирования. Физические модели.

Основные термины: модели МНР, KLM, GOMS

Введение

Основные понятия

Любой аналог (образ) какого-либо объекта, процесса или явления, используемый в качестве заменителя (представителя) оригинала, называется моделью (от лат. *modulus* — образец). Каждый объект имеет большое количество различных свойств. В процессе построения модели выделяются главные, наиболее существенные, свойства. Так, модель самолета должна иметь геометрическое подобие оригиналу, модель атома — правильно отражать физические взаимодействия, архитектурный макет города — ландшафт и т.д. Признак или величина, которые характеризуют какое-либо свойство объекта и могут принимать различные значения, называются параметрами модели. Модель воспроизводит в специально оговоренном виде строение и свойства исследуемого объекта. Исследуемый объект, по отношению к которому изготавливается модель, называется оригиналом, образцом, прототипом.

Модель — это некий новый объект, который отражает существенные особенности изучаемого объекта, явления или процесса.

Общие свойства моделей.

- 1) адекватность — это степень соответствия модели тому реальному явлению (объекту, процессу), для описания которого она строится,
- 2) конечность — модель отображает оригинал лишь в конечном числе его отношений и, кроме того, ресурсы моделирования конечны,
- 3) упрощенность — модель отображает только существенные стороны объекта,
- 4) полнота — учтены все необходимые свойства,
- 5) приблизительность — действительность отображается моделью грубо или приблизительно,
- 6) информативность — модель должна содержать достаточную информацию о системе — в рамках гипотез, принятых при построении модели,
- 7) потенциальность — предсказуемость модели и её свойств.

Исследование объектов, процессов или явлений путем построения и изучения их моделей для определения или уточнения характеристик оригинала называется моделированием. Моделирование — это метод познания, состоящий в создании и исследовании моделей. Теория замещения объектов-оригиналов объектом-моделью называется теорией моделирования.

Основными этапами моделирования являются:

- 1) постановка задачи;
- 2) разработка модели, анализ и исследование задачи;
- 3) компьютерный (натурный, физический) эксперимент; 4) анализ результатов моделирования.

На этапе разработки модели осуществляется построение информационной модели, то есть формирование представления об элементах, составляющих исходный объект. Если результаты моделирования подтверждаются и могут служить основой для прогнозирования поведения исследуемых объектов, то говорят, что модель адекватна объекту. Степень адекватности зависит от цели и критериев моделирования. Классификация моделей По цели использования По цели использования модели классифицируются: - научный эксперимент, в котором осуществляется исследование модели с применением различных средств получения данных об объекте, возможности влияния на ход процесса, с целью получения новых данных об объекте или явлении; - комплексные испытания и производственный эксперимент, использующие натурное испытание физического объекта для получения высокой достоверности о его характеристиках; - оптимизационные, связанные с нахождением оптимальных показателей системы (например, нахождение минимальных затрат или определение максимальной прибыли). По области применения Учебные: наглядные пособия, обучающие программы, различные тренажеры. Опытные модели — это уменьшенные или увеличенные копии проектируемого объекта. Их называют также натурными и используют для исследования объекта и прогнозирования его будущих характеристик: модель корабля испытывается в бассейне для определения устойчивости судна при качке. Научно-технические модели создают для исследования процессов и явлений: ускоритель электронов, прибор, имитирующий разряд молнии, стенд для проверки телевизора. Игровые: военные, экономические, спортивные, деловые игры. Имитационные модели не просто отражают реальность с той или иной степенью точности, а имитируют ее. Эксперимент либо многократно повторяется, чтобы изучить и оценить последствия каких-либо действий на реальную обстановку, либо проводится одновременно со многими другими похожими объектами, но поставленными в разные условия. Подобный метод выбора правильного решения называется методом проб и ошибок. Кроме того, по области применения модели можно разделить на: - универсальные, предназначенные для использования многими системами, - специализированные, созданные для исследования конкретной системы. Учет фактора времени По отношению ко времени модели разделяют на: - статические, описывающие систему в определенный момент времени. Например, обследование учащихся в стоматологической поликлинике дает картину состояния их ротовой полости на данный момент времени: число молочных и постоянных зубов, пломб, дефектов и т. п. - динамические, рассматривающие поведение системы во времени. В примере с поликлиникой карточку школьника, отражающую изменения, происходящие с его зубами за многие годы, можно считать динамической моделью. В свою очередь, динамические модели подразделяют на дискретные, в которых все события происходят по интервалам времени, и непрерывные, где все события происходят непрерывно во времени. По наличию воздействий на систему По наличию воздействий на систему модели делятся на: - детерминированные (в системах отсутствуют случайные воздействия), - стохастические (в системах присутствуют вероятностные воздействия). Эти же модели некоторые авторы классифицируют по способу оценки параметров системы: - в детерминированных системах параметры модели оцениваются одним показателем для конкретных значений их исходных данных; - в стохастических системах наличие вероятностных характеристик исходных данных позволяет оценивать параметры системы несколькими показателями. По способу представления Материальные модели иначе можно назвать предметными, физическими. Они воспроизводят геометрические и физические свойства оригинала и всегда имеют реальное воплощение. Примеры: 1) Детские игрушки. По ним ребенок получает первое впечатление об окружающем мире. Двухлетний ребенок играет с плюшевым медвежонком. Когда, спустя годы, ребенок увидит в

зоопарке настоящего медведя, он без труда узнает его. 2) Школьные пособия, физические и химические опыты. В них моделируются процессы, например реакция между водородом и кислородом. Такой опыт сопровождается оглушительным хлопком. Модель подтверждает о последствиях возникновения «гремучей смеси» из безобидных и широко распространенных в природе веществ. 3) Карты при изучении истории или географии, схемы солнечной системы и звездного неба на уроках астрономии и многое другое. Материальные модели реализуют материальный (потрогать, понюхать, увидеть, услышать) подход к изучению объекта, явления или процесса. Информационные модели – совокупность информации, характеризующая свойства и состояния объекта, процесса, явления, а также взаимосвязь с внешним миром. Информационные модели нельзя потрогать или увидеть воочию, они не имеют материального воплощения, потому что они строятся только на информации. В основе этого метода моделирования лежит информационный подход к изучению окружающей действительности. Информация, характеризующая объект или процесс, может иметь разный объем и форму представления, выражаться различными средствами. Это многообразие настолько безгранично, насколько велики возможности каждого человека и его фантазии. К информационным моделям можно отнести знаковые и вербальные (описательные). Знаковая модель – информационная модель, выраженная специальными знаками, т. е. средствами любого формального языка. Знаковые модели окружают нас повсюду. Это рисунки, тексты, графики и схемы. По способу реализации знаковые модели можно разделить на: - компьютерные, - некомпьютерные. Компьютерная модель – модель, реализованная средствами программной среды. Вербальная (от лат «verbalis» – устный) модель – информационная модель в мысленной или разговорной форме. Это модели, полученные в результате раздумий, умозаключений. Они могут так и остаться мысленными или быть выражены словесно. Примером такой модели может стать наше поведение при переходе улицы. Человек анализирует ситуацию на дороге (что показывает светофор, с какой скоростью и на каком расстоянии движутся автомобили и т. п.) и вырабатывает свою модель поведения. Если ситуация смоделирована удачно, то переход будет безопасным, если нет, то может произойти авария. К таким моделям можно отнести идею, возникшую в голове изобретателя, музыкальную тему, промелькнувшую в голове композитора, рифму, прозвучавшую пока в голове поэта. Знаковые и вербальные модели, как правило, взаимосвязаны. Мысленный образ, родившийся в мозгу человека, может быть облечен в знаковую форму. И, наоборот, знаковая модель – помогает сформировать в сознании верный мысленный образ. Согласно легенде, яблоко, упавшее на голову Ньютону, вызвало в его сознании мысль о земном притяжении. И только в последствии эта мысль оформилась в закон, т. е. обрела знаковую форму. Примером вербальной (описательной) модели является «Гелиоцентрическая модель мира», принадлежащая Н. Копернику, которая была сформулирована им в семи утверждениях. Человек прочитал текст, объясняющий некоторые физические явления, и у него сформировался мысленный образ. В дальнейшем такой образ поможет распознать реальное явление. По форме представления можно выделить следующие виды информационных моделей: геометрические модели — графические формы и объемные конструкции; словесные модели — устные и письменные описания с использованием иллюстраций; математические модели — математические формулы, отображающие связь различных параметров объекта или процесса; структурные модели — схемы, графики, таблицы и т. п.; логические модели — модели, в которых представлены различные варианты выбора действий на основе умозаключений и анализа условий; специальные модели — ноты, химические формулы и т. п.; компьютерные и некомпьютерные модели. По отрасли знаний Это классификация по отрасли деятельности человека: математические, биологические, химические, социальные, экономические, исторические и т.д. Виды моделирования Материальным (физическим, предметным, натурным) принято называть моделирование, при котором реальному объекту противопоставляется его увеличенная или уменьшенная копия, допускающая исследование (как правило, в лабораторных условиях) с помощью последующего

перенесения свойств изучаемых процессов и явлений с модели на объект на основе теории подобия. Примеры: в астрономии - планетарий, в архитектуре - макеты зданий, в самолетостроении - модели летательных аппаратов и т.п. Идеальное моделирование - основано не на материальной аналогии объекта и модели, а на аналогии идеальной, мыслимой. Идея мысленного эксперимента впервые была выдвинута Г. Галилеем. Галилей применил идею мысленного эксперимента к воображаемому телу, которое свободно от всех внешних воздействий. Такой мысленный эксперимент позволил Г. Галилею прийти к идее инерциального движения тела. Знаковое моделирование – это моделирование, использующее в качестве моделей знаковые преобразования какого-либо вида: схемы, графики, чертежи, формулы, наборы символов. Математическое моделирование - это моделирование, при котором исследование объекта осуществляется посредством модели, сформулированной на языке математики. Например, описание и исследование законов механики Ньютона средствами математических формул.

Описание метода GOMS

GOMS это семейство методов, позволяющих провести моделирование выполнения той или иной задачи пользователем и на основе такой модели оценить качество интерфейса (точнее говоря оценить время выполнения задачи как основной критерий качества). GOMS это сокращение от английского Goals, Operators, Methods, and Selection Rules – Цели, Операторы, Методы и Правила выбора. Данный способ был предложен S. K. Card, T. P. Moran и A. Newell в 1983 году.

Идея метода заключается в том, что все действия пользователя можно представить как набор типовых составляющих (например, нажать ту или иную кнопку на клавиатуре, передвинуть мышь, и т.п.). Для этих типовых составляющих можно провести измерения времени их выполнения (на большом числе пользователей) и получить статистические оценки времени выполнения того или иного элементарного действия. Оценка качества интерфейса заключается в разложении выполняемой задачи на типовые составляющие, и вычислении времени, которое будет в среднем затрачиваться пользователем на выполнение этой задачи. Обычно тот интерфейс лучше, при котором время выполнения задачи меньше.

Принципы

Goals (цели или задачи) – то, чего хочет достичь пользователь. Они могут быть определены на различных уровнях абстракции, от целей высокого уровня (например, написать научную статью) до целей низкого уровня (например, удалить слово). Цели более высокого уровня можно разложить на подцели и расположить иерархически.

Operators (операторы) – элементарные моторные, познавательные действия, которые используются для достижения целей (например, «кликнуть» манипулятором «Мышь», нажать клавишу Insert). Операторы не разложимы. Предполагается, что пользователю требуется определенное количество времени, чтобы выполнить каждый оператор.

Methods (методы) – это описание процедуры для достижения целей. По сути, метод является алгоритмом, чтобы пользователь запомнил последовательность подцелей и операторов,

необходимых для достижения желаемой цели. Например, один из способов достижения цели «Удалить слово» это поставить курсор в начало слова с помощью мыши и нажать комбинацию клавиш Ctrl+Delete. Другой способ достичь той же цели – с помощью клавиш со стрелками поставить курсор в начало слово и нажать комбинацию клавиш.

Selection Rules (правила выбора) – определяют, какие методы должны быть использованы для достижения данной цели, в зависимости от контекста. Правила выбора обычно принимают форму условного оператора, например, «если слово будет расположено менее чем на три линии от текущего положения курсора, тогда используем метод «удаление слова-использование клавиш со стрелками», иначе используем метод «удаление слова - использование мыши».

Варианты метода

1. Card, Moran and Newell GOMS (CMN-GOMS) – оригинальная формулировка, предложенная Кардом, Мораном и Ньюэллом. Определяет то, как выразить в иерархии главную цель и подцели, методы и операторы, и как формулируются правила выбора.

2 Cognitive Perceptual Model (CPM) – эта модель предполагает, что перцептивные, когнитивные и моторные операторы могут выполняться параллельно. Для изображения операторов и зависимостей между ними используется график (т.н. PERT диаграмма). Последовательность, которая представляет собой самый длинный путь на графике, называется критическим путем и является оценкой общего времени, необходимого для выполнения данной задачи.

3. Keystroke-level Model (KLM) – упрощенная версия CMN модели, в которой используются только операторы, нет целей, методов или правил выбора. Аналитик просто перечисляет нажатия на клавиши, движения мышью, которые должен произвести пользователь, чтобы решить задачу, а затем использует несколько простых эвристических правил, чтобы расставить операторы М (операторы ментальной подготовки).

4. Natural GOMS Language (NGOMSL) - более строго определенная версия, представляет собой процедуру выявления всех GOMS компонентов, выраженную обычным языком программирования. NGOMSL включает в себя эмпирические правила о количестве возможных шагов в методе, как ставить и завершать постановку целей, и какую информацию должен помнить пользователь, решая задачу.

Самым распространенным остается метод KLM (Keystroke-level-Model). Он представляет собой быстрый и эффективный способ оценки времени выполнения заданий опытными пользователями. Подходит для сравнения множества альтернативных решений в плане задач на большом числе пользователей.

Таблица 1. Обозначение операторов

Оператор	Время	Описание
К	0.28 сек	Нажатие клавиши. Время, необходимое для того, чтобы нажать клавишу.
T(n)	n*К сек	Последовательность нажатий клавиш. Время, необходимое для того, чтобы нажать последовательно несколько клавиш.
Р	1.1 сек	Указание. Время, необходимое пользователю для того, чтобы указать на какую-то позицию на экране монитора.

В	0.1 сек	Нажать/отпустить кнопку мыши. Время, необходимое пользователю, чтобы нажать или отпустить кнопку мыши
ВВ	0.2 сек	Клик кнопкой мыши. Время, необходимое пользователю, чтобы сделать один клик мышью.
Н	0.4 сек	Перемещение. Время, необходимое пользователю для того, чтобы переместить руку с клавиатуры на ГУВ или с ГУВ на клавиатуру.
М	1.2 сек	Ментальная подготовка. Время, необходимое пользователю для того, чтобы умственно подготовиться к следующему шагу.
Рисунок Д.1. Пример описания действий эксперта W (с)	0,1 сек	Ожидать. Время, в течение которого пользователь должен ожидать ответ компьютера.

Действие: запуск сканирования диска С в антивирусе Avast экспертом

№	Тип операции	Время операции	Описание
1	Н	0,4	Перемещение руку к манипулятору «Мышь».
2	М	1,2	Обдумывание.
3	Р	1,1	Перевести указатель «Мыши» к разделу «Сканировать компьютер» в меню.
4	ВВ	0,2	Клик «Мышкой».
5	М	1,2	Обдумывание.
6	Р	1,1	Перевести указатель «Мыши» к разделу «Выберите папку для сканирования», к кнопке «Пуск».
7	ВВ	0,2	Клик «Мышкой».
8	М	1,2	Обдумывание.
9	Р	1,1	Переместить указатель мыши к чекбоксу «Локальный диск С».
10	ВВ	0,2	Клик «Мышкой».
11	М	1,2	Обдумывание.
12	Р	1,1	Переместить указатель мыши к кнопке «Ок».
13	ВВ	0,2	Клик «Мышкой».
Сумма		10,4	

Рисунок Д.2. Пример описания действий пользователя

Действие: запуск сканирования диска С в антивирусе Avast пользователем			
№	Тип операции	Время операции	Комментарий
1	Н	0,4	Перемещение руку к манипулятору «Мышь».
2	М	1,2	Обдумывание.
3	Р	1,1	Перевести указатель мыши к разделу «Сканировать компьютер» в меню.
4	ВВ	0,2	Клик «Мышкой».
5	М	1,2	Обдумывание.
6	М	1,2	Перевести указатель мыши к разделу «Выберите папку для сканирования», к кнопке «Пуск».
7	ВВ	0,2	Клик «Мышкой».
8	М	1,2	Обдумывание.

9	P	1,1	Переместить указатель мыши к чекбоксу «Локальный диск C».
10	BB	0,2	Клик «Мышкой».
11	M	1,2	Обдумывание
12	P	1,1	Переместить указатель мыши к кнопке «Ок».
13	BB	0,2	Клик «Мышкой».
14	M	1,2	Обдумывание.
15	P	1,1	Перевести указатель «Мыши» к разделу.
16	BB	0,2	Клик «Мышкой».
Сумма		13	

Процесс моделирования включает в себя Следующие шаги:

- 1) *построение модели;*
- 2) *изучение модели;*
- 3) *экстраполяцию* — перенос полученных данных на область знаний об исходном объекте.

На первом этапе при осознании невозможности или нецелесообразности прямого изучения объекта создаётся его *модель*. Целью этого этапа является создание условий для полноценного *замещения* оригинала объектом-посредником, воспроизводящим его необходимые параметры.

На втором этапе производится изучение самой модели, настолько детальное, насколько это требуется для решения конкретной познавательной задачи. Здесь исследователь может осуществлять *наблюдения* за поведением модели, проводить над ней *эксперименты* (модельный эксперимент), осуществлять измерение или описание её характеристик. Это зависит от специфики самой модели и от исходной познавательной задачи. Целью второго этапа является получение требуемой информации о модели.

Необходимо отметить, что, хотя модель мы создаём (или выбираем) сами, подчиняя её ряду условий, она, тем не менее, обладает определённой *самостоятельностью*. В ней присутствует некий элемент *неизвестности*, поэтому модель надо действительно *изучать*, и она в должной мере заранее неизвестна. Метод моделирования потому и относится к *эмпирическим* методам, что предполагает интерактивный режим работы с изучаемым явлением (в данном случае с моделью, а также в той или иной мере — и с оригиналом).

Третий этап (экстраполяционный) представляет собой возвращение к исходному объекту, т.е. интерпретацию полученных знаний о модели, оценку их приемлемости и, соответственно, непосредственное применение их к оригиналу, позволяющее в случае успеха решить исходную познавательную задачу (см. рис. 2).

Эти шаги реализуют своеобразный цикл моделирования, в ходе которого модель и оригинал соотносятся друг с другом.

Роль модели достаточно интересна, т.к. она является одновременно и *объектом*, и *средством* изучения. Модель по своей познавательной функции принципиально транзитивна, т.е. сопряжена с другим объектом: изучая модель, мы постоянно нацелены на её прототип.

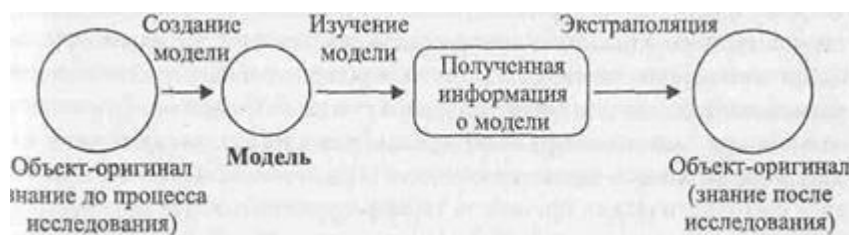


Рис. 2. Этапы моделирования

Исходя из этапов моделирования легко увидеть, что *структура* метода моделирования содержит больше компонентов, чем наблюдение или эксперимент. В моделирование включены следующие составляющие:

- 1) *субъект*, осуществляющий моделирование;
- 2) моделируемый объект — *оригинал*;
- 3) объект-посредника — *модель*;
- 4) *контекст* моделирования, к которому относятся условия времени и места, концептуальные и материально-технические средства.

При построении модели исходного объекта часто происходит его упрощение и вводятся некоторые допущения (как правило, идеализирующие ситуацию). Допущения и базирующиеся на них понятия могут быть и весьма абстрактными, как, например, при математическом моделировании (скажем, понятие абстрактного инфекционного процесса при моделировании иммунных процессов). Исходные допущения должны быть осознанными и обоснованными, т.к. неверные допущения приведут к серьёзным искажениям при экстраполяции. Это означает, что для всякой модели следует чётко формулировать объем задач, которые будут решаться с её помощью:

Надо помнить и о том, что исходный объект может быть воспроизведён с помощью разных моделей; в общем случае нельзя сказать, что какая-то из них является истинной, настоящей, правильной. Достоинства той или иной модели в полной мере зависят от конкретной *цели* исследования, от концептуального угла зрения учёного.

Классификация моделей

Назовём некоторые основания классификации моделей:

- 1) по субстрату — материальные (вещественные) и идеальные (концептуальные, мысленные);
- 2) по моделируемым аспектам — структурные, функциональные и др.;
- 3) по виду сходства между оригиналом и моделью — физические, аналоговые, квазианалоговые и др.

Деление *по субстрату* модели означает различие моделей относительно того, *с помощью чего* моделируется исходный объект. Здесь для обозначения конкретного способа моделирования часто используют название материала (пластмассовая модель самолёта и т.п.), характеристику *происхождения* данной модели (лабораторное животное как *естественная модель* для изучения физиологических процессов у человека) или общего типа моделирующей среды (маятник как *механическая* модель колебательных процессов, термостат как *термодинамическая* модель физиологических процессов терморегуляции и т.п.).

Идеальные (концептуальные) модели тоже могут быть представлены разными субстратами: они могут быть графическими, логическими, мате-

матические (среди них есть алгебраические, геометрические, топологические и т.п.) и многими другими. Но следует помнить о том, что о моделировании в собственном смысле мы говорим лишь тогда, когда наличествуют его необходимые признаки (в т. ч. *эвристическая ценность*), а не просто имеется некоторая форма представления знаний, называемая моделью. Например, географическая карта может не только выступать способом хранения знаний, но и применяться в моделирующем исследовании: в том случае, когда мы анализируем пути на карте и выбираем наилучший, мы актуально используем и изучаем *графическую модель* для решения конкретной задачи. Моделирование с применением концептуальной модели — это особое эмпирико-теоретическое исследование; здесь могут использоваться мысленное экспериментирование, вычислительные эксперименты и т.п.

Деление *по моделируемым аспектам* означает различие моделей относительно того, *что* именно моделируется в данной ситуации. Ведь модель всегда отражает лишь какие-то отдельные, имеющие интерес для исследователя стороны оригинала. Здесь тоже возможно разнообразие видов моделирования. Модель может воспроизводить структуру объекта (*структурная*), какие-то его функции (*функциональная*), параметры, особенности формы, каналы управления (*кибернетическая*), информационные потоки, состояния, связи (например, причинно-следственные), этапы истории и многое другое.

Классификация *по виду сходства* используется для уточнения того, *в каком именно отношении сходства* находятся между собой оригинал и модель. Часто это имеет важное значение: знание точных соотношений между оригиналом и моделью оказывается необходимым в физике, в технических науках. Для обозначения этих видов сходства в специальных дисциплинах применяют особые термины. В случае тождества физической природы изучаемых явлений говорят о *физическом подобии* (например, электрические свойства исходного объекта изучают с помощью электрических свойств модели; то же касается свойств механических, жидкостных, оптических и т. п.). *Аналоговое моделирование* (или использование *модели-аналога*) — это способ воспроизведения, при котором физическая природа оригинала и модели различна, но математически они описываются одними и теми же уравнениями (например, колебательные процессы в цепи с током и в механической системе); различают также *квазианалоговое* моделирование (когда математические описания модели и её прототипа отличаются, но эквивалентны относительно получаемых результатов) и другие его виды. Проблему сходства модели и оригинала мы подробнее рассмотрим чуть ниже. <

В названиях моделей, используемых на практике для их характеристики, часто пересекаются сразу несколько оснований классификации. Так, термин «теоретико-игровая модель», сообщая нам, что данная модель основана на методах математической теории игр, указывает сразу и на то, что эта модель относится к *концептуальным*, и на то, что моделирующей *средой* выступает контекст теории игр, и на *аспекты*, которые ею моделируются (в данном случае это будут какие-то *стратегии поведения* в некоторой *конфликтной ситуации*).

Рассмотренные способы классификации показывают, что существует обширное множество разновидностей моделей и способов моделирования. Тем не менее, метод моделирования в своих базисных чертах является единым, несмотря на разнообразие частных модификаций. Не должно вызывать затруднения и то, что в конкретных областях научного познания в понятие «модель» иногда вкладывается специфический смысл. Скажем, в математической логике термин «модель» имеет специальное значение: там *моделью* формальной теории называется некоторый математический объект, для которого высказывания теории оказываются истинными. Но и такой смысл понятия «модель» совместим с общеметодологическим, ведь модель в математическом смысле тоже является *объектом-посредником* относительно формальной теории, средством увидеть эту теорию в действии, т.к. будучи непроинтерпретированной, вне своих моделей она является лишь чистой формой, которой мы пока не придали никакого смысла. Таким образом, общий смысл термина «модель» сохраняется и при специфическом использовании его в математической логике.

Проблема сходства оригинала и модели

Для решения многих задач, в которых используется моделирование, требуется уточнить интуитивное понимание того, что модель похожа на оригинал. Знание точных взаимоотношений модели и оригинала позволяет на всех этапах моделирования действовать более адекватно: от этапа *построения* модели с заданными характеристиками до *экстраполяции*, осуществляемой по строгим правилам.

В физико-технических науках для обозначения обобщённого отношения сходства модели и оригинала используется термин «*подобие*». В физике существует особая дисциплина — *теория подобия*; она обеспечивает концептуальную поддержку моделирования. В теории подобия разрабатываются методы, с помощью которых можно репрезентировать данные как зависимости между безразмерными величинами, т.е. в некотором нейтральном виде; тогда явления, которые описываются одинаковыми значениями безразмерных величин, являются *подобными* друг другу. Пользуясь этой теорией, исследователь может, изучая явление на какой-либо модели, переносить полученные результаты на

совершенно иные явления, но характеризующиеся теми же значениями безразмерных величин. При точном моделировании оперируют и такими понятиями, как *масштабы* (отношения, устанавливающие условия перехода от модели к оригиналу), *критерии подобия* (критерии адекватного сходства модели и оригинала); выделяют также различные виды подобия — абсолютное, полное, неполное, приближенное. У истоков теории подобия стояли Г. Галилей и И. Ньютон. Так, Г. Галилей показал, что сходство механических систем базируется не просто на интуитивно понимаемом сходстве их по внешнему виду и т.п., а на определённых физических соотношениях. И. Ньютон, продолжая этот подход, сформулировал две теоремы подобия для механических систем.

Для обозначения ещё более широкого отношения сходства между объектами, системами, процессами предлагают также использовать термин «*изоморфизм*» — понятие, пришедшее из абстрактной алгебры. Две сравниваемые системы называются *изоморфными*, если каждому

элементу одной системы взаимно однозначно соответствует элемент второй системы, а каждому отношению между элементами первой системы соответствует отношение второй системы, имеющее такие же структурные свойства. В контексте моделирования две системы называют изоморфными, если между ними может быть установлено взаимное соответствие по некоторым изучаемым свойствам. Например, у информационных процессов могут быть выделены устойчивые общие черты, позволяющие им протекать сходным образом в биологическом объекте, компьютере, социальной системе, тогда все эти объекты рассматриваются как *изоморфные* относительно протекания их информационных процессов.

Взаимное соответствие определённых аспектов двух систем может быть обнаружено и реализовано различными способами. Наиболее ярким случаем такого соответствия является изоморфизм *структур*. При моделировании этого сходства исследователь пытается воспроизвести структурные особенности одной системы на ином субстрате. В *бионике* для нужд технических наук создаются искусственные аналоги объектов или процессов, обнаруженных в живой природе: например, ультразвуковая эхолокация имитирует соответствующие органы животных. Структурное моделирование также широко используется в медицинских науках при протезировании органов. Другим вариантом соответствия является существенное сходство *функции* (поведения). Один и тот же эффект может быть реализован в системах с совершенно разными структурами: летательный аппарат может быть выполнен не обязательно на основе крыла, но и на основе пропеллера, баллона с лёгким газом, реактивного двигателя.

ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Физическая модель — это **модель**, создаваемая путём замены объектов моделирующими устройствами, которые имитируют определённые характеристики либо свойства этих объектов. При этом моделирующее устройство имеет ту же качественную природу, что и моделируемый объект.

Физические модели используют эффект масштаба в случае возможности пропорционального применения всего комплекса изучаемых свойств.

Физическая модель представляет собой **аналоговую модель**, в которой между параметрами объекта и модели одинаковой физической природы существует однозначное соответствие. В этом случае элементам системы ставятся в соответствие физические эквиваленты, воспроизводящие структуру, основные свойства и соотношения изучаемого объекта. При физическом моделировании, основой которого является **теория подобия**, сохраняются особенности проведения эксперимента в натуре с соблюдением оптимального диапазона изменения соответствующих физических параметров.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается модель GOMS? Опишите их.
2. Как работает Модель человек-обработчик (МНР)?
3. Насколько важна модель уровня клавиатуры (KLM) в развитии проектирования пользовательского интерфейса?
4. Что можно отнести к структуре моделирования? Какова их динамика?
5. Дайте определение физическим моделям.
6. В чем состоит сходство оригинала и модели?

Литература:

1. Купер А. т.б. Об интерфейсе: основы проектирования взаимодействия. 4-е изд. – СПб: Питер, 2018. – 720 б.
2. Норман Д. Дизайн привычных вещей. – М: Манн, Иванов и Фербер, 2019. – 384 б.
3. The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed. [электрондық басылым] – URL: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed> (соңғы алышқан 8/1/2020)
4. Sharp Н. Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction. 5th Ed. – Wiley, 2019. – 656 p.
5. Shneiderman В. et.al. Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction. 6th Ed. – Pearson, 2016. – 616 p.
6. Тидвелл Д. т.б. Разработка пользовательских интерфейсов. 2-е изд. – М: Питер, 2011 – 480 б.
7. Круг С. т.б. Веб-дизайн или «не заставляйте меня думать». – СПб.: Символ Плюс, 2008. – 224 .
8. Нильсен Я. т.б. Веб дизайн. СПб: Символ Плюс, 2006. – 512 б.
9. Уильямс Р. т.б. Не дизайнерская книга о дизайне. – СПб: Весь, 2004. – 128 б.
10. <http://appcamp.io/> – Онлайн-курс который дает начальное понимание разработки на HTML и мобильных платформах.
11. <http://phonegap.com/book/> – Список книг по разработке HTML и мобильных приложений с помощью фреймворкаPhoneGap.
12. <http://creator.ionic.io/> – HTML фреймворк пользовательского интерфейса для мобильных приложений.