

Современные компьютерные технологии социального моделирования

Мощенко И.Н.

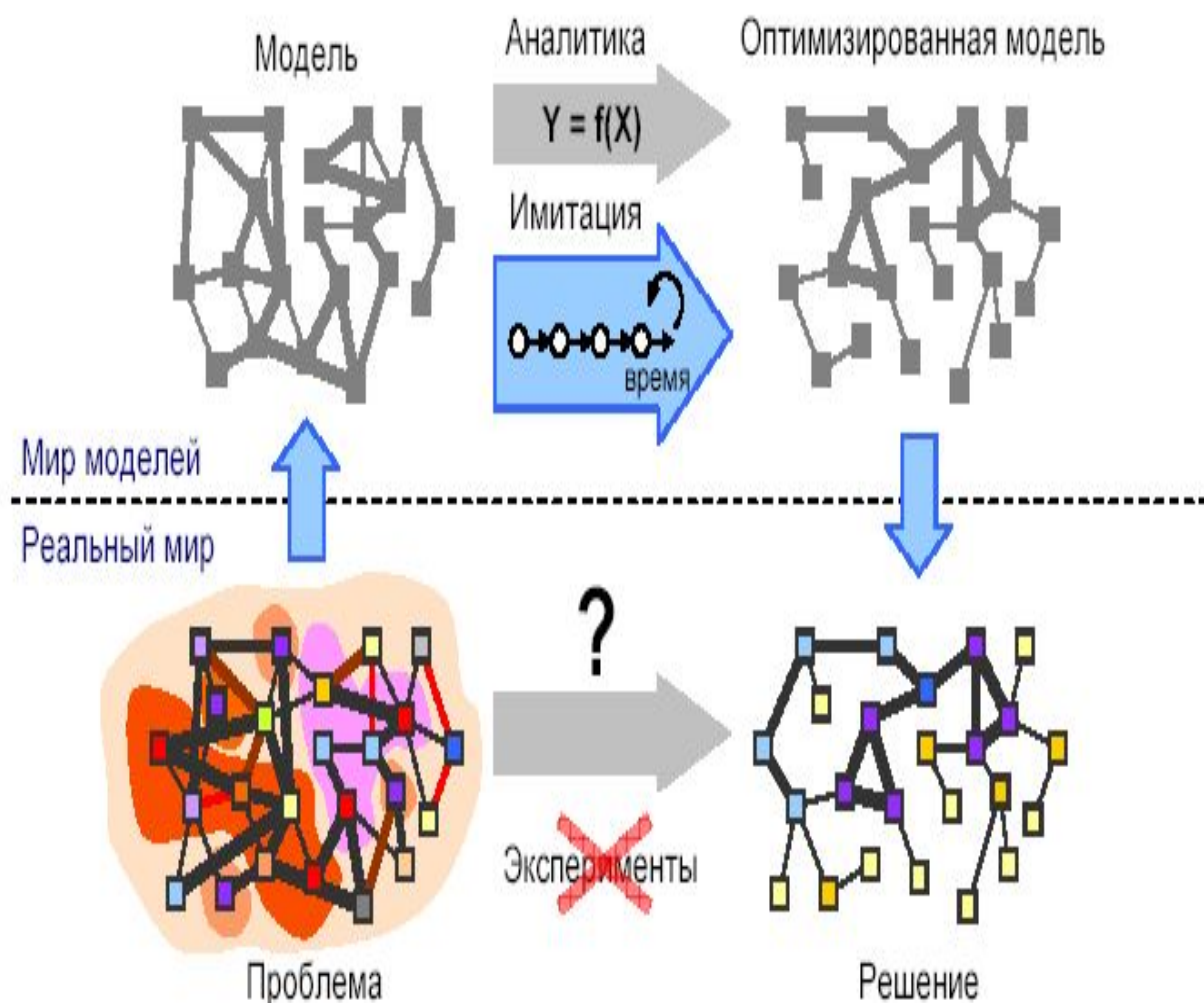
mochtchenko@gmail.com

Модель представляет собой абстрактное описание системы (объекта, процесса, проблемы, понятия) в некоторой форме, отличной от формы их реального существования

Определение

Моделирование представляет собой один из основных методов познания, является формой отражения действительности и заключается в выяснении или воспроизведении тех или иных свойств реальных объектов, предметов и явлений с помощью других объектов, процессов, явлений, либо с помощью абстрактного описания в виде изображения, плана, карты, совокупности уравнений, алгоритмов и программ.

Соотношение мира моделей и мира реальных явлений



- *Модель* - это концептуальный инструмент, ориентированный в первую очередь на управление моделируемым процессом или явлением. При этом функция предсказания, прогнозирования служит целям управления.
- *Теория* - более абстрактное, чем модель, концептуальное средство, основной целью которого является объяснение данных процессов, явлений. Функция предсказания в теории ориентирована на цели объяснения явлений.
- К. Темпель утверждал, что теория - это модели, чьи элементы и отношения связаны с миром посредством того, что обычно называется *правилами соответствия*. Модели должны включать три типа соответствия:
 - между способом организации социального мира и способом, каким модель описывает этот мир;
 - между аппаратом, используемым в процессе моделирования, и концептуальным аппаратом моделируемой теории;
 - между теорией и социальным миром.

Роль моделирования в общепринятой методологии социологического исследования

Программа теоретико-прикладного социологического исследования должна включать следующие методологические элементы:

- 1) формулировку проблемы, определение объекта и предмета исследования;
- 2) определение цели и постановку задач исследования;
- 3) уточнение и интерпретацию основных понятий;
- 4) **предварительный системный анализ объекта исследования;**
- 5) развертывание рабочих гипотез.

Четвертый этап общепринятой программы социологического исследования может быть назван моделированием - процессом построения модели.

Классификация моделей

- 1. Чаще всего в качестве основания для классификации моделей берется вид языка, на котором они формулируются:
 - содержательная модель формулируется на естественном языке;
 - формальная модель воплощается с помощью одного или нескольких формальных языков (например, языков математических теорий или языков программирования).
-
- 2.

Модели в современной науке можно разделить на представительные и теоретические. Это разграничение обусловлено тем, имеют ли определенные научные термины и концепции какую-либо непосредственную связь с сенсорным (чувственным) восприятием объектов.

Представительная модель – определенное физическое устройство, которое представляет интересующий науку объект. Исследуя модель, можно узнать некоторые факты об объекте, например, факты об устройстве Солнечной системы.

Теоретическая модель не строится физически, но она обсуждается на концептуальном уровне. Такая модель описывает объект или систему, используя характеристики элементов, поведение которых объясняет различные связи, присущие объекту или системе.

Представительные модели могут быть дифференцированы как истинные, адекватные, смещенные и аналоговые модели.

Истинная модель (также известна как масштабная модель) – модель объекта, выполненная точно в соответствии с известным масштабом, например, модель танкера, в котором длина, ширина и толщина каждой части в модели являются точно 1/100 соответствующего измерения в танкере.

Адекватная модель – модель объекта, в которой только некоторые из размеров или характеристик выполнены точно в соответствии с известным масштабом, что делается ради понимания функционирования модели.

Смещенная модель – модель объекта, которая использует разные масштабы для различных характеристик или размеров. Например, модель Солнечной системы, в которой интервалы между планетами находятся в одном масштабе, а сферы, представляющие планеты, – в различных масштабах, поскольку иначе они были бы слишком малы для обозрения.

Аналоговая модель представляет аналогию с исследуемым объектом. Например, есть аналогия между диффузией молекул в газе и движением роя пчел (движение роя пчел — модель, а диффузия газовых молекул — объект).

Теоретическая модель также использует аналогию объекта или системы. Например: кинетическая теория газов применяет модель бильярдных шаров с целью описать структуру и свойства газа; проход электрического тока через металлы объясняется с помощью модели свободного электрона металлов и т.п. Теоретическую модель следует отличать от аналоговой представительной модели, которая не предназначена для описания каких-либо характеристик или свойств объекта.

Теоретическая концепция — концепция, которая не имеет какой-либо непосредственной связи с сенсорным восприятием, например теоретическая концепция молекулы. Примеры теоретических концепций: фотон, ген и т.п.

Типология моделей и схема их взаимосвязи

- Чаще всего в качестве основания для классификации моделей берется вид языка, на котором они формулируются:
- содержательная модель формулируется на естественном языке;
- формальная модель воплощается с помощью одного или нескольких формальных языков (например, языков математических теорий или языков программирования)

Любая модель является в конечном счете моделью объекта, фрагмента реальности (верхний уровень на указанной схеме). Наблюдая за объектом, индивид* формирует в голове некий мысленный образ объекта, который будем называть *когнитивной моделью*.

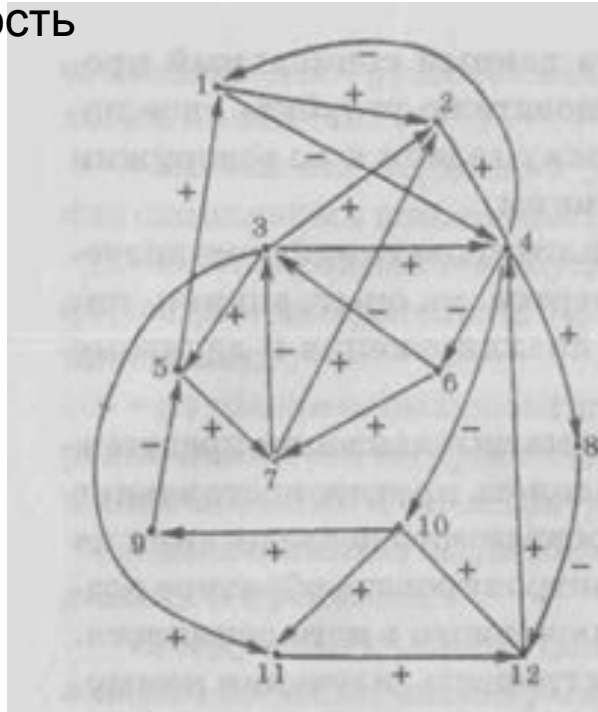




- Формируя когнитивную модель объекта, индивид, как правило, стремится ответить на определенные, конкретные вопросы, поэтому от бесконечно сложной реальности отсекается все ненужное с целью получения более компактного и лаконичного описания объекта. Когнитивная модель объекта формируется на основе "картины мира" индивида - особенностей его восприятия, установок, ценностей, интересов.

Когнитивная карта социополитической системы развивающейся страны.

динамика экономического роста типичной
развивающейся страны и политическая
нестабильность



Обозначения на карте: 1 — влияние диссидентов; 2 — степень угрозы; 3 — централизация управления; 4 — ресурсы, выделяемые на оборону; 5 — уровень лишений; 6 — гражданские свободы; 7 — давление в пользу реформ; 8 — темп потребления ресурсов; 9 — уровень жизни населения; 10 — ресурсы для экономической активности; 11 — темп экономического роста; 12 — общие ресурсы.

The diagram illustrates a directed graph with 6 nodes representing environmental indicators. The nodes are labeled as follows:

- v1. Загрязнение воздуха (Air pollution)
- v2. Здоровье населения (Population health)
- v3. Состояние растительности (Vegetation state)
- v4. Загрязнение почв (Soil pollution)
- v5. Загрязнение грунтовых вод (Groundwater pollution)
- v6. Загрязнение подземных вод (Underground water pollution)

The graph shows directed edges between these nodes, with some edges being solid and others dashed. The edges represent the relationships and dependencies between the indicators.

**Рис. 11 Когнитивная карта
«Экология»**

- Следующий этап моделирования - построение содержательной модели. Построение содержательной модели позволяет получить новую информацию о поведении объекта, выявить взаимосвязи и закономерности, которые не удастся обнаружить при других способах анализа.
- По функциональному признаку содержательные модели подразделяются на описательные, объяснительные и прогностические.
- *Концептуальной моделью* называется содержательная модель, при формулировке которой используются теоретические концепты и конструкты данной предметной области знания. В более широком смысле под концептуальной моделью понимают содержательную модель, базирующуюся на определенной концепции или точке зрения. Формулировка концептуальной модели нередко представляет собой достижение определенного уровня абстрагирования на пути от предварительного описания объекта к его формальной модели.
- Концептуальные модели воплощаются либо в чисто вербальной форме, либо в смешанном вербально-визуальном представлении. Выделяют три вида концептуальных моделей: логико-семантические, структурно-функциональные и причинно-следственные.

- В процессе построения, изучения и совершенствования содержательной модели когнитивная модель непрерывно модифицируется и усложняется. В гуманитарных науках цикл моделирования на этом обычно и заканчивается, но в некоторых случаях модель удается формализовать до такой степени, что становится возможным построение и изучение формальной модели объекта.
- Формальные модели в свою очередь делятся на две группы: математические и компьютерные.
- Проводя прикладные социологические исследования, социологи поневоле вынуждены погружаться в формальные математические методы и модели, занимаясь измерениями, выборкой, анализом собранных данных.
- Создание формальной модели дает возможность постичь сущность исследуемых социальных явлений, выявить основные взаимосвязи и закономерности. Использование формальных средств анализа позволяет изучить поведение модели, получить новые, неочевидные результаты. В любом случае результаты формального моделирования используются для уточнения содержательной модели и, главное, когнитивной модели.

- Завершающий этап формулирования содержательной модели называют постановкой задачи*. После постановки задачи можно переходить к этапу исследования модели, проведению экспериментов, поиску необходимой информации и, наконец, к разработке возможных альтернатив, решений и выбору окончательного варианта действий.
- После постановки задач возможны два варианта действий - изучение модели на содержательном уровне либо дальнейшая формализация описания объекта и переход к формальным методам исследования.
- Наиболее существенной частью постановки задач является формулировка целей, к которым должен стремиться исследуемый объект, а также определение основных факторов модели и ограничений. Задать ограничения - значит определить перечень возможных действий, допустимые и недопустимые состояния объекта. Ограничения могут препятствовать достижению задуманных целей.
- Следует иметь в виду, что целей или критериев функционирования объекта может быть несколько. Как правило, в процессе постановки задачи стараются выделить один главный критерий, хотя на практике это не всегда достижимо. Заметим, что наличие нескольких критериев существенно затрудняет выбор решения.

Общая постановка задачи моделирования



Виды моделей

- **физическое моделирование** – моделируемый объект или процесс воспроизводится исходя из соотношения подобия, вытекающего из схожести физических явлений;
- **концептуальное моделирование** – представление системы с помощью специальных знаков, символов, операций над ними или с помощью естественных или искусственных языков,
- **структурно – функциональное** – моделями являются схемы (блок-схемы), графики, диаграммы, таблицы, рисунки со специальными правилами их объединения и преобразования;
- **имитационное моделирование** – метод решения задач анализа или синтеза сложной системы на основе использования ее компьютерной модели.

Принципы системного подхода в моделировании

Независимо от типа используемой модели M при ее построении необходимо руководствоваться рядом принципов системного подхода:

- пропорционально-последовательное продвижение по этапам и направлениям создания модели;*
- согласование информационных, ресурсных, надежности и других характеристик;*
- правильное соотношение отдельных уровней иерархии в системе моделирования;*
- целостность отдельных обособленных стадий построения модели.*

Системный подход к моделированию

- При системном подходе к моделированию систем необходимо, прежде всего, четко **определить цель моделирования**.
- Поскольку **невозможно полностью смоделировать реально функционирующую систему** (систему-оригинал, или первую систему), создается модель (система-модель, или вторая система) под поставленную проблему.
- Таким образом, применительно к вопросам моделирования **цель возникает из требуемых задач моделирования**, что позволяет подойти к выбору критерия и оценить, какие элементы войдут в создаваемую модель М.
- Поэтому **необходимо иметь критерий отбора отдельных элементов в создаваемую модель**.

Структурный подход к моделированию

- При структурном подходе выявляются состав выделенных элементов системы S и связи между ними.
- Совокупность элементов и связей между ними позволяет судить о структуре системы. Последняя в зависимости от цели исследования может быть описана на разных уровнях рассмотрения.
- Наиболее общее описание структуры — это топологическое описание, позволяющее определить в самых общих понятиях составные части системы и хорошо формализуемое на базе теории графов.

Функциональный подход к моделированию

- Менее общим является функциональное описание, когда рассматриваются отдельные функции, т.е. алгоритмы поведения системы, и реализуется функциональный подход, оценивающий функции, которые выполняет система, причем **под функцией понимается, свойство, приводящее к достижению цели.**
- Поскольку функция отображает свойство, а свойство отображает взаимодействие системы S с внешней средой W , то **свойства могут быть выражены в виде либо некоторых характеристик элементов s_i и подсистем S_j , либо системы S в целом.**
- Проявление функций системы во времени $S(t)$, т. е. функционирование системы, означает переход системы из одного состояния в другое, т. е. движение в пространстве состояний C .
- При эксплуатации системы S весьма важно качество ее функционирования, определяемое показателем эффективности и являющееся значением критерия оценки эффективности. Существуют различные подходы к выбору критериев оценки эффективности. **Система S может оцениваться либо совокупностью частных критериев, либо некоторым общим интегральным критерием.**

Система – модель - система

- Следует отметить, что создаваемая **модель M с точки зрения системного подхода также является системой**, т. е. $S' = S'(M)$, и может рассматриваться по отношению к внешней среде W .
- Наиболее просты по представлению **модели, в которых сохраняется прямая аналогия явления.**
- Применяют также **модели, в которых нет прямой аналогии, а сохраняются лишь законы и общие закономерности поведения элементов системы S .**
- Правильное понимание взаимосвязей как внутри самой модели M , так и взаимодействия ее с внешней средой W в значительной степени определяется тем, **на каком уровне находится наблюдатель.**

Признаки большой системы для модели

- 1. **Цель функционирования**, которая определяет степень целенаправленности поведения модели M .
- 2. **Сложность**, которую, учитывая, что модель M является совокупностью отдельных элементов и связей между ними, можно оценить по общему числу элементов в системе и связей между ними.
- 3. **Целостность**, указывающая на то, что создаваемая модель M является одной целостной системой $S(M)$.
- 4. **Неопределенность**, которая проявляется в системе: по состоянию системы, возможности достижения поставленной цели, методам, решения задач, достоверности исходной информации и т. д.
- 5. **Поведенческая страта**, которая позволяет оценить эффективность достижения системой поставленной цели.
- 6. **Адаптивность**, которая является свойством высокоорганизованной системы. Благодаря адаптивности удается приспособиться к различным внешним возмущающим факторам в широком диапазоне изменения воздействий внешней среды.
- 7. **Организационная структура** системы моделирования, которая во многом зависит от сложности модели и степени совершенства средств моделирования.
- 8. **Управляемость** модели, вытекающая из необходимости обеспечивать управление со стороны экспериментаторов для получения возможности рассмотрения протекания процесса в различных условиях, имитирующих реальные.
- 9. **Возможность развития** модели, которая, исходя из современного уровня науки и техники, позволяет создавать мощные системы моделирования $S(M)$ для исследования многих сторон функционирования реального объекта.

Требования пользователя

к модели

Сформулируем основные требования, предъявляемые к модели M процесса функционирования системы S .

- **1. Полнота модели** должна предоставлять пользователю возможность получения необходимого набора оценок характеристик системы с требуемой точностью и достоверностью.
- **2. Гибкость модели** должна давать возможность воспроизведения различных ситуаций при варьировании структуры, алгоритмов и параметров системы.
- **3. Длительность** разработки и реализации модели большой системы должна быть по возможности минимальной при учете ограничений на имеющиеся ресурсы.
- **4. Структура модели** должна быть блочной, т. е. допускать возможность замены, добавления и исключения некоторых частей без переделки всей модели.
- **5. Информационное обеспечение** должно предоставлять возможность эффективной работы модели с базой данных систем определенного класса.
- **6. Программные и технические средства** должны обеспечивать эффективную (по быстродействию и памяти) машинную реализацию модели и удобное общение с ней пользователя.
- **7. Должно быть реализовано проведение целенаправленных (планируемых) машинных экспериментов** с моделью системы с использованием аналитико-имитационного подхода при наличии ограниченных вычислительных ресурсов.

Моделирование систем с помощью ЭВМ можно использовать в следующих случаях:

- а) для исследования системы S до того, как она спроектирована, с целью определения чувствительности характеристики к изменениям структуры, алгоритмов и параметров объекта моделирования и внешней среды;*
- б) на этапе проектирования системы S для анализа и синтеза различных вариантов системы и выбора среди конкурирующих такого варианта, который удовлетворял бы заданному критерию оценки эффективности системы при принятых ограничениях;*
- в) после завершения проектирования и внедрения системы, т. е. при ее эксплуатации, для получения информации, дополняющей результаты натурных испытаний (эксплуатации) реальной системы, и для получения прогнозов эволюции (развития) системы во времени.*

Этапы моделирования систем

Рассмотрим основные этапы моделирования системы S , к числу которых относятся:

- построение концептуальной модели системы и ее формализация;*
- алгоритмизация модели системы и ее компьютерная реализация;*
- получение и интерпретация результатов моделирования системы.*

Построение концептуальной модели системы и ее формализация

- 1. Постановка задачи машинного моделирования системы.
- 2. Анализ задачи моделирования системы.
- 3. Определение требований к исходной информации об объекте моделирования и организация ее сбора.
- 4. Выдвижение гипотез и принятие предположений.
- 5. Определение параметров и переменных модели.
- 6. Установление основного содержания модели.
- 7. Обоснование критериев оценки эффективности системы.
- 8. Определение процедур аппроксимации.
- 9. Описание концептуальной модели системы.
- 10. Проверка достоверности концептуальной модели.
- 11. Составление технической документации по первому этапу.

Алгоритмизация модели системы и ее компьютерная реализация

- *1. Построение логической схемы модели.*
- *2. Получение математических соотношений.*
- *3. Проверка достоверности модели системы.*
- *4. Выбор инструментальных средств для моделирования.*
- *5. Верификация и проверка достоверности схемы программы.*
- *6. Проверка достоверности программы.*
- *7. Составление технической документации по второму этапу.*

Получение и интерпретация результатов моделирования системы

- 1. Планирование компьютерного эксперимента с моделью системы.
- 2. Определение требований к вычислительным средствам.
- 3. Проведение рабочих расчетов.
- 4. Представление результатов моделирования.
- 5. Интерпретация результатов моделирования. Получив и проанализировав результаты моделирования, их нужно интерпретировать по отношению к моделируемому объекту, т. е. системе S , Основное содержание этого подэтапа — переход от информации, полученной в результате машинного эксперимента с моделью M , к информации применительно к объекту моделирования, на основании которой и будут делаться выводы относительно характеристик процесса функционирования исследуемой системы S .
- 6. Подведение итогов моделирования и выдача рекомендаций.
- 8. Составление технической документации по третьему этапу.

Базовая литература

- Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов: Учебное пособие для высших учебных заведений. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Логос, 2001.-296 с.
- Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов. – М.: Высш.шк., 2001. – 343 с.
- Свечкарев В.П. Концептуальное конструирование интегрированных технологических систем: информационный подход. – Ростов/Дон: СКНЦ ВШ, 2003. – 252 с.
- Ожиганов Э.Н. Моделирование и анализ политических процессов.-М.:РУДН, 2009.-190 с.