

**МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ЭКОНОМИКИ И ПРАВА
при МПА ЕВРАЗЭС**

На правах рукописи

ЛЫМАРЕНКО

Валерий Михайлович

**«Метод моделирования
и его познавательные возможности»**

доцент, к.м.н.

Лымаренко В.М.

**Санкт-Петербург
2016**

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Познавательные возможности использования моделей.....	4
1.1 Познавательное содержание моделей.....	4
1.2 Критерии мотивационной составляющей модели.....	6
2. Особенности характеристик объекта в моделях.....	8
2.1 Абстрактные и предметные модели	8
2.2 Условия, характеризующие объекты в моделях	10
3. Построение модели.....	12
3.1 Общие принципы построения модели	12
3.2 Оптимизация.....	13
3.3 Адекватность модели	14
3.4 Выбор модели (принятие решения).....	15
4. Основные функции и методы процесса моделирования	16
4.1 Функции моделирования.....	16
4.2 Методы моделирования	17
4.2.1 Качественные методы моделирования.....	18
4.2.2 Количественные методы моделирования.....	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	21
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	20

ВВЕДЕНИЕ

1. Познавательные возможности использования моделей

1.1 Познавательное содержание моделей

Что такое модель? Модель – это любой образ или аналог какого-либо объекта, процесса или явления. В условиях, когда человек в силу специфики объекта не может его целостно исследовать, объект заменяется его аналогом – моделью. Модель отражает существенные характеристики объекта в доступном для восприятия человеком виде. Таким образом, модель является своеобразным посредником между «теорией» и «действительностью». В гносеологическом плане модель выступает как интегрированная система, аккумулирующая наиболее важные данные, накопленные в науке по изучаемой проблеме.

Содержание объекта исследования в значительной мере определяется степенью развития науки и информированностью человека о специфике объекта. Это содержание отражается в наиболее авторитетных теориях, принятых научным сообществом и освещающих вопросы, связанные с объектом. Определённые представления об объекте задаёт наличие в теории, в понятиях самой науки, усвоенных человеком, методологии изучения проблемы и её понимание человеком. «Какое наиболее полное теоретико-логическое видение реальности обосновано, доказано в данной науке на данном этапе её развития, такое и является объектом данной науки на этом этапе», – выдвигает гипотезу С.И. Оспанов [7]. Большое разнообразие окружающей реальности не позволяет всесторонне изучать даже достаточно изолированные и единичные явления, не говоря уже о сложноорганизованных феноменах. Использование модели в познавательном процессе позволяет классифицировать и интерпретировать научные факты более целенаправленно. Модель даёт возможность чётче определить объект исследования, внести упорядоченность в изучаемую область знания и освободить познавательное поле от второстепенных фактов. Дальнейшее

направление исследования определяется человеком, очерчивающим область своего незнания. Сформулированную «проблему» можно определить как знание о том, что мы знаем ещё недостаточно или не знаем вовсе. Познавательный процесс в этом случае будет заключаться в «прояснении» поставленных вопросов. Объект, оставаясь независимым от человека, даже когда контуры познанного и непознанного определены, попрежнему в значительной мере моделируется человеком. Только человек выделяет определённые структурные элементы реальности и классифицирующие признаки, которые, по его мнению, выражают суть исследуемого феномена, хотя они могут таковыми и не являться.

Модель, изначально формируясь в качестве промежуточного звена между теорией и практикой, без существенного ущерба для своей научной составляющей интегрирует наиболее теоретически важные положения, относящиеся к изучаемой проблеме. Модель включает в себя существенные черты того объекта, в рамках которого её предполагается использовать, а теория, стремясь к логической стройности и последовательности, более ориентирована на относительную замкнутость и самодостаточность. Пластичность познавательной структуры модели позволяет дополнять её новыми теоретическими данными и коррелировать их с меняющейся ситуацией. Модель оказывает существенное влияние на понимание человеком протекающих процессов, так как любое учение может пониматься как логически взаимосвязанная система понятий и принципов, посредством которых человек воспринимает реальность.

Использование модели позволяет имитировать, искусственно воспроизводить варианты функционирования сложных систем. Таким образом, одна из важнейших функций модели в познавательном процессе – это сжатие временных параметров, что является очень важным показателем при изучении различных процессов. Важнейшей функцией модели является интерпретация явлений внешнего мира, без чего немислим сам процесс познания.

1.2 Критерии мотивационной составляющей модели

Мотивационная составляющая модели наиболее эффективно влияет на индивидуальное и общественное сознание, если отвечает нескольким критериям:

1. Модель должна достаточно чётко фиксировать приоритетные направления деятельности человека;

2. Модель должна выстраивать определённую иерархию данных приоритетов по степени их важности и первоочерёдности, чтобы не допускать дезориентации человека в существующем идейно-смысловом пространстве;

3. Модель должна быть достаточно проработанна с «технологической» стороны и должна позволять человеку непосредственно выходить на практику, т.е. модель может являться реальным «руководством к действию» в той или иной ситуации;

4. Если определённая модель социального развития достаточно прочно укоренилась в общественном сознании, то её влияние на социальную реальность увеличивается в геометрической прогрессии.

Модель – это всегда неизбежное упрощение, способ изучения бесконечного разнообразия реальности посредством её классификации, исходя из заданных человеком оснований.

Модель всегда является идеализацией действительности. Она замещает объект исследования, является квази-объектом, отражающим лишь наиболее существенные параметры оригинала.

Модель, конструируемая человеком для более результативного познания реальности, неизбежно несёт на себе печать условности, неопределенности.

Модель во многом подменяет собою реальность. Воспринимая мир через призму модели, человек становится её «заложником», ибо на практике становится очень трудно отличить объективную реальность от её отражения

в научной теории. Если модель имеет в науке давние традиции, то вполне возможно отождествление реальности с данной теоретической конструкцией, и тогда модель может полностью подменить собою объективный мир. В качестве примера можно привести эпоху СССР, когда все несоциалистические страны, в соответствие с марксистской теорией, понимались как капиталистические, в то время как «капитализм» конца XX века радикально отличался от «капитализма» середины XIX века, когда были написаны основные труды Карла Маркса.

2. Особенности характеристик объекта в моделях

2.1 Абстрактные и предметные модели

Человек использует два типа исходных материалов для создания моделей:

- средства самого сознания;
- средства окружающего материального мира.

В соответствии с этим модели делятся на:

- абстрактные (мысленные);
- предметные (вещественные).

Предметным является моделирование, в ходе которого исследование ведётся на моделях, воспроизводящих основные физические, динамические, геометрические и функциональные характеристики «оригинала». На таких моделях изучаются процессы, происходящие в оригинале — объекте исследования или разработки (изучение на моделях свойств транспортных средств, строительных конструкций, различных механизмов и т.п.).

Если модель и моделируемый объект имеют одну и ту же физическую природу, то говорят о физическом моделировании. Система или процесс может исследоваться и путём опытного изучения каких-либо явления иной физической природы, но таких, какие описываются такими математическими соотношениями, что и моделируемое явление. В качестве примера можно привести колебания механические и электрические. Они описываются одними и теми же дифференциальными уравнениями и поэтому с помощью механических колебаний можно моделировать электрические и наоборот. Такое «предметно-математическое» моделирование широко применяется для замены изучения одних явлений изучением других явлений, более удобных для лабораторного исследования, в частности потому, что они допускают измерение неизвестных величин. Так, электрическое моделирование позволяет изучать на электрических моделях механические,

гидродинамические, акустические и другие явления.

Абстрактным является моделирование, в ходе которого исследование ведётся на моделях, являющихся идеальными конструкциями, построенными посредством средств мышления и сознания. Абстрактные модели являются языковыми конструкциями и могут формироваться и передаваться другим людям посредством разных языков, языков разных уровней специализации.

Посредством естественного языка человек может говорить обо всем, он является средством построения любых абстрактных моделей.

Универсальность естественного языка достигается еще и тем, что языковые модели обладают неоднородностью, расплывчатостью, размытостью. Многозначность почти каждого слова, используемого в естественном языке любой национальности, а так-же неопределенность слов (несколько, почти, много и т.д.) при огромном числе вариантов их соединения во фразы позволяет любую ситуацию отобразить с достаточной для обычных целей точностью. Эта приблизительность является неотъемлемым свойством языковых моделей. Но рано или поздно наука сталкивается с ситуациями, когда приблизительность естественного языка оборачивается недостатком, который необходимо преодолевать, поэтому для построения абстрактных моделей используются «профессиональные» языки.

Дифференциация наук привела к созданию специализированных языков, более четких и точных, чем естественный. В случае, когда средств естественного и профессионального языков не хватает для построения моделей, используются искусственные, в том числе формализованные (языки логики, математики). К искусственным языкам относятся также компьютерные языки, чертежи, схемы и т.п. В результате получается иерархия языков и соответствующая иерархия типов моделей. На верхнем уровне этого спектра находятся модели, создаваемые средствами естественного языка, и так вплоть до моделей, имеющих максимально достижимую определенность и точность для сегодняшнего состояния данной отрасли науки. Сохраняет значимость высказывание Карла Маркса: «Любая

отрасль знания может тем с большим основанием именоваться наукой, чем в большей степени в ней используется математика». Математические модели обладают абсолютной точностью, но чтобы дойти до их использования в какой-либо области, необходимо получить достаточный для этого объем достоверных знаний.

2.2 Условия, характеризующие объекты в моделях.

Создаваемая модель должна соответствовать своему назначению, поэтому она отвечает ряду требований, обеспечивающих ее функционирование. Невыполнение этих требований лишает модель ее модельных свойств.

Три основных требования, предъявляемых к моделям (рис. 1):

- ингерентность;
- простота;
- адекватность.

Они определяют отношения моделей с тремя остальными «участниками» процесса моделирования: со средой (ингерентность), с человеком, создающим и/или использующим модель (простота), с моделируемым объектом, то есть с создаваемой системой (адекватность).

Ингерентность - достаточная степень согласованности создаваемой модели со средой. Создаваемая модель должна быть согласована с научной средой, в которой ей предстоит функционировать и в ней должны быть предусмотрены не только интерфейсы или «стыковочные узлы» со средой, но и в самой среде должны быть созданы предпосылки, обеспечивающие функционирование создаваемой модели. Не только модель должна приспособливаться к среде, но и среду необходимо приспособлять к модели будущей системы.

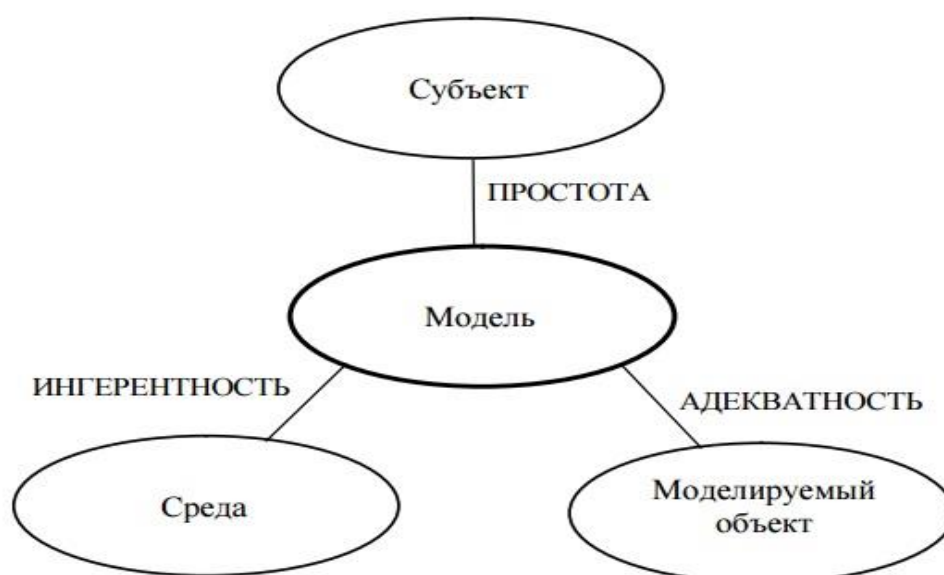


Рис.1. Требования, предъявляемые к моделям.

Простота модели – это ее важное свойство: в модели невозможно зафиксировать все многообразие реальной ситуации. Простота модели неизбежна из-за необходимости оперирования с ней, использования ее как рабочего инструмента, который должен быть обозрим и понятен. Чем проще модель, тем она ближе к моделируемой реальности и тем она удобнее для использования. В качестве примера можно привести геоцентрическую модель Птолемея и гелиоцентрическую модель Коперника. Обе модели позволяют с достаточной точностью вычислять движение планет, предсказывать затмения Солнца и т.п. Но модель Коперника истинна и намного проще для использования, чем модель Птолемея. У учёных-физиков, учёных-математиков, есть довольно интересный критерий оценки решения теоретических задач: если решение простое и «красивое» – то, скорее всего, и истинное.

Адекватность модели означает, что она достаточно точна, полна и истинна, но не в общем понимании, а именно в той мере, которая позволяет достичь поставленной цели. Необходимо ввести меру адекватности модели, то есть определить способ сравнения разных моделей по степени успешности достижения цели с их помощью.

3. Этапы построения модели

3.1 Общие принципы построения модели

А.М. Новиков и Д.А. Новиков [6] выделяют следующие этапы построения модели:

1. Нахождение предмета и цели моделирования, включая рубежи исследуемого объекта и те основные свойства, которые должны быть отражены моделью;

2. Подбор языка моделирования. Существуют несколько десятков «аппаратов» моделирования, каждый из которых представляет собой разветвленный раздел математики;

3. Подбор переменных, описывающих состояние системы и существенные параметры внешней среды, а также шкал их измерения и критериев оценки;

4. Подбор ограничений, то есть множеств возможных значений переменных, и начальных условий (начальных значений переменных);

5. Определение связей между переменными с учетом всей имеющейся о моделируемом объекте информации, а также известных законов, закономерностей и т.п., описывающих его;

6. Исследование модели – или имитационное, или применение методов оптимизации;

7. Изучение устойчивости и адекватности модели.

В исследованиях этапы моделирования иногда повторяются, возвращаясь к более ранним этапам при уточнении цели моделирования, обеспечении точности, устойчивости, адекватности и т.д.

3.2 Оптимизация

Оптимизация заключается в том, чтобы среди множества возможных вариантов найти наилучшие в заданных условиях, при заданных ограничениях. Выбрать оптимальные альтернативы.

Имеется критерий (или ряд критериев), способ (или способы) сравнения вариантов. При этом необходимо учесть имеющиеся условия, ограничения, так как их изменение может привести к тому, что при одном и том же критерии наилучшими окажутся другие варианты.

Понятие оптимальности получило строгое и точное представление в различных математических теориях, прочно вошло в практику проектирования и эксплуатации технических систем, сыграло важную роль в формировании современных системных представлений, широко используется в административной и общественной практике, стало известным практически каждому человеку. Стремление к повышению эффективности труда, как и любой целенаправленной деятельности нашло свое выражение, свою ясную и понятную форму в идее оптимизации.

Оптимизация сводится к сокращению числа альтернатив и проверке модели на устойчивость. Если стремиться к тому, чтобы на начальной стадии моделирования было получено как можно больше альтернатив, то для некоторых научных проблем их количество может достичь большого числа возможных решений. Подробное изучение каждой из них приведет к неприемлемым затратам времени и средств. Поэтому на этапе неформализованной оптимизации рекомендуется проводить «грубое отсеивание» альтернатив, проверяя их на присутствие некоторых качеств, необходимых для любой приемлемой альтернативы. К признакам «хороших» альтернатив относятся надежность, пригодность, адаптивность, другие признаки «практичности» для научных целей. В отсеивании могут помочь также обнаружение отрицательных побочных эффектов.

3.3 Адекватность модели.

Оптимальное решение, полученное для конкретной модели, является оптимальным только в том случае, когда при его использовании поведение модели соответствует предъявляемым требованиям. Наблюдаемое поведение модели является с точки зрения человека, осуществляющего моделирование, предполагаемым поведением реальной системы, которое в отсутствие «ошибок моделирования» будет оптимально в смысле выбранного критерия эффективности. Наблюдаемое и предполагаемое поведение реального объекта могут различаться достаточно сильно. Необходимым является исследование адекватности модели, то есть – устойчивости поведения не модели, а реального объекта относительно ошибок моделирования. Если параметры модели отличаются от параметров реального объекта, то задача выбора решалась не для «того» объекта.

Заданные условия оптимальности решения:

- насколько оптимальное решение чувствительно к ошибкам описания модели;
- будут ли решения, обладающие определенными свойствами в рамках модели, обладать этими же свойствами и в реальном объекте, а также насколько широк класс реальных объектов, в которых данное решение еще обладает этими свойствами.

Использование оптимальных решений приводит к тому, что они оказываются неоптимальными при малых вариациях параметров модели. Возможным путем преодоления этого недостатка является расширение множества «оптимальных» решений за счет включения в него приближенных решений (то есть, «немного худших», чем оптимальные). Ослабление определения «оптимальность» позволяет, установив взаимосвязь между возможной неточностью описания модели и величиной потерь в эффективности решения, гарантировать некоторый уровень эффективности

множества решений в заданном классе реальных объектов, то есть расширить область применимости решений за счет использования менее эффективных из них. Значимым будет вместо рассмотрения фиксированной модели, исследовать семейство моделей.

3.4 Выбор модели (принятие решения).

Отобранные и проверенные на устойчивость и адекватность модели становятся основой для последнего, решающего этапа моделирования – выбора модели для дальнейшего применения.

Выбор является последним и наиболее ответственным этапом процесса моделирования, его завершением. В системном анализе выбор определяется как действие над множеством альтернатив, в результате которого получается подмножество выбранных альтернатив (обычно это один вариант, одна альтернатива, но не обязательно). При этом выбор тесно связан с оптимизацией, так как последняя есть ни что иное, как выбор оптимальной альтернативы.

А.М. Новиков и Д.А. Новиков [6] считают, что «каждая ситуация выбора может разворачиваться в разных вариантах:

- оценка альтернатив для выбора может осуществляться по одному или нескольким критериям, которые, в свою очередь, могут иметь как количественный, так и качественный характер;
- режим выбора может быть однократным или повторяющимся;
- последствия выбора могут быть точно известны (выбор в условиях определенности), иметь вероятностный характер (выбор в условиях риска), или иметь неопределенный исход (выбор в условиях неопределенности)».

Процесс моделирования завершается принятием решения.

4. Основные функции и методы процесса моделирования

4.1 Функции моделирования

Учёные выделяют следующие функции моделирования:

- дескриптивная функция;
- прогностическая функция;
- нормативная функция.

Дескриптивная функция состоит в том, что вводит абстрагирование модели, что позволяет очень просто объяснить наблюдаемые явления и процессы. Она даёт ответ на вопрос «почему устроен так мир». Успешные в этом отношении модели становятся составляющими компонентами научных теорий и являются эффективным средством отражения их содержания.

Прогностическая функция моделирования отражает его возможность предсказывать будущие свойства и состояния моделируемых систем, то есть отвечать на вопрос «что будет?».

Нормативная функция моделирования заключается в получении ответа на вопрос «как должно быть?». Если, помимо состояния системы, заданы критерии оценки ее состояния, то за счет использования оптимизации .

4.2 Методы моделирования

Методы моделирования систем делятся на два класса:

- качественные;
- количественные.

Деление это является условным, так как качественные методы при обработке получаемых результатов могут сопровождаться количественными представлениями. В качестве примера можно привести использование средств математической статистики.

Существует множество более детальных классификаций моделей и видов моделирования.

Методы моделирования представлены на рис. 2.

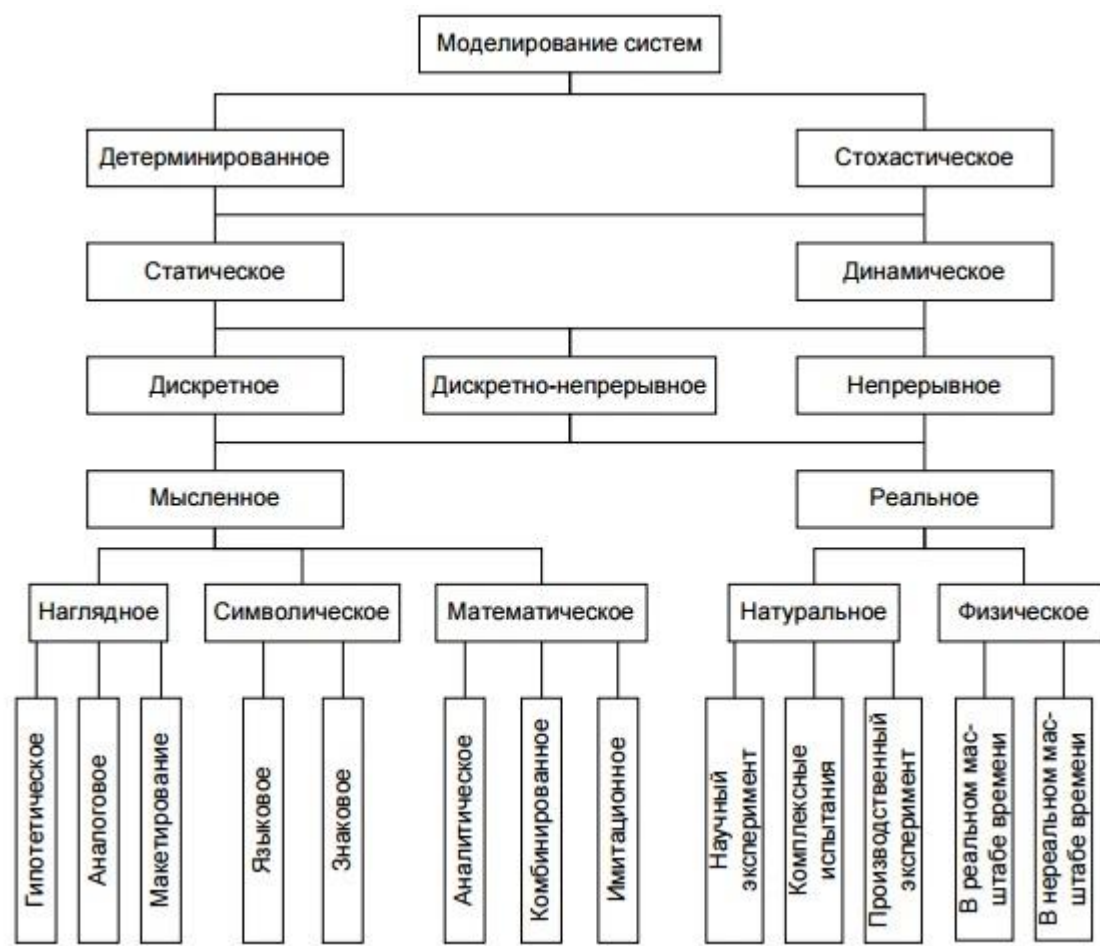


Рис. 2. Классификация моделей и видов моделирования.

4.2.1 Качественные методы моделирования.

Основные качественные методы моделирования:

- метод сценариев;
- графический метод;
- метод структуризации.

Метод сценариев является самым распространенным «качественным» методом моделирования. Это метод подготовки и согласования представлений, изложенных в письменном виде, о проектируемой системе.

Сценарием называется любой документ, содержащий анализ рассматриваемой проблемы и предложения по ее решению и по развитию системы. Предложения для подготовки подобных документов пишутся экспертами вначале индивидуально, а затем формируется согласованный текст. Сценарий требует не только содержательных рассуждений, помогающих не упустить детали, но и содержит, результаты количественного технико-экономического и/или статистического анализа с предварительными выводами. Группа экспертов, подготавливающая сценарий, использует необходимые сведения от тех или иных организаций и необходимых консультаций.

Задача специалистов при подготовке сценария:

- выявить общие закономерности развития системы;
- проанализировать внешние и внутренние факторы, влияющие на её развитие и формулирование целей;
- провести анализ высказываний ведущих специалистов в периодической печати, научных публикациях и других источниках информации;
- создать вспомогательные информационные фонды, способствующие решению соответствующих проблем.

В настоящее время понятие сценария расширяется в направлении как областей применения, так и форм представления и методов их разработки: в

сценарий вводятся количественные параметры и устанавливаются их взаимозависимости, предлагаются методики подготовки сценария с использованием компьютеров.

Сценарий позволяет создать предварительное представление о системе. Но сценарий остаётся текстом с возможностью неоднозначного его толкования и поэтому его следует рассматривать как основу для дальнейшей разработки модели.

Графические методы. Графические представления позволяют наглядно отработать структуру моделируемых систем и процессов, происходящих в них. В этих целях используются графики, схемы, диаграммы, гистограммы, древовидные структуры и т.д. Современные графические методы используют теории графов и возникших на ее основе методы календарно-сетевого планирования и управления.

Метод структуризации. Структурные представления разного рода позволяют разделить сложную проблему с большой неопределенностью на более мелкие, лучше поддающиеся анализу. Виды структур, получаемые путем расчленения системы во времени – сетевые структуры или в «пространстве» – иерархические структуры, матричные структуры.

4.2.2 Количественные методы моделирования (математическое моделирование)

Методы математического моделирования рассматриваются как методы научного исследования.

Для исследования объекта математическими методами, включая и компьютерное моделирование, должна быть проведена формализация этого процесса, то есть построена математическая модель.

Под математическим моделированием понимается процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта. Вид математической модели зависит от природы реального объекта и от задач исследования объекта, а также требуемой достоверности и точности решения этих задач. Любая математическая модель описывает реальный объект лишь с некоторой степенью приближения к действительности.

Математическое моделирование делится на:

- аналитическое;
- имитационное.

В случае аналитического моделирования процессы функционирования элементов объекта записываются в виде некоторых функциональных соотношений (например, уравнений – алгебраических, дифференциальных, интегральных и т.п.) или логических условий.

Аналитическая модель моделирования исследуется следующими методами:

- аналитическим, получают в общем виде явные зависимости для искомых характеристик в виде определенных формул;
- численным, при отсутствии возможности решать уравнения в общем виде, стремятся получить числовые результаты при тех или иных конкретных

начальных данных (например, с помощью компьютера);

- качественным, когда, не имея решения в явном виде, можно найти некоторые его свойства. Примером могут служить так называемые «мягкие» модели, в которых анализ вида дифференциальных уравнений, описывающих самые разнообразные процессы (экономические, экологические, политические и др.) позволяет делать качественные выводы о свойствах их решений – существовании и типе равновесных точек, областях возможных значений переменных и т.п.

В случае имитационного моделирования характерно исследование отдельных траекторий динамики моделируемого объекта. При этом фиксируются некоторые начальные условия (начальное состояние объекта или параметры модели) и рассчитывается одна траектория. Затем выбираются другие начальные условия, и рассчитывается другая траектория и т.д. То есть, аналитической зависимости между параметрами модели и будущими состояниями системы не ищется. При имитационном моделировании используют численные методы, реализованные на компьютере.

Плюс имитационного моделирования заключается в том, что оно позволяет проанализировать различные сценарии иногда даже для очень сложных моделей. Его недостаток состоит в отсутствии возможности получения, ответа на вопрос, в каких случаях (при каких значениях начальных условий и параметров модели) динамика системы будет удовлетворять заданным требованиям. Кроме того, затруднителен анализ устойчивости имитационных моделей. Важным требованием, предъявляемым к моделям, является требование их устойчивости при возможных изменениях внешних и внутренних условий, а также устойчивости по отношению к тем или иным возможным изменениям параметров самой модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинский Б.А., Баксанский О.Е. Моделирование и когнитивные репрезентации. – М.: Альтекс, 2011. – 106с.
2. Гневко, В.А. Методологические проблемы дисциплинарных и междисциплинарных исследований в социально-гуманитарных науках учеб. пособие / В.А. Гневко. – СПб.: СПбАУиЭ, 2010. – 192с.
3. Ерешко, Ф.И. Моделирование рефлексивных стратегий в управляемых системах. – М.: ВЦ РАН, 2011. – 117с.
4. Иванилов Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике. – М.: Наука, 2009. – 348с.
5. Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В. Модели и методы управления портфелями проектов. – М.: ПМСОФТ, 2005. – 202с.
6. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология научного исследования. – М.: Эгвес, 2013. – 284с.
7. Оспанов, С.И. Об объекте и предмете социологии: логико-гносеологическое осмысление // Социологические исследования. – 2008. – № 3. – С. 57–63.
8. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 2010. – 213с.