

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

*Вовк И.Г.
Бугакова Т.Ю.*

**Системный анализ,
моделирование и принятие решений**

Справочное учебное пособие

Новосибирск
2009

УДК 519.875.5

Рецензенты:

Доцент, кандидат технических наук Кравченко Ю.А.

Кандидат экономических наук Вдовин С.А.

Вовк И.Г., Бугакова Т.Ю.

Пособие по системному анализу, моделированию и принятию решений:
Справочное учебное пособие-Новосибирск; СГГА, 2009.- с.

Системный анализ, моделирование и принятие решений всё шире внедряются во все сферы человеческой деятельности. Это обстоятельство потребовало для ряда направлений профессионального высшего образования включить в программы подготовки специалистов курсы по системному анализу и моделированию. В настоящее время имеется немного учебников по этому направлению, изданы они малыми тиражами и трудно доступны для понимания не подготовленному читателю.

Предлагаемое справочное учебное пособие включает около трёхсот наиболее часто применяемых специальных терминов и понятий системного анализа, моделирования и принятия решений. Это позволяет оперативно познакомиться с этими терминами, не затрудняясь поиском в словарях и энциклопедиях общего и профессионального назначения, которые не всегда легко доступны.

В пособии отражены следующие аспекты системного анализа, моделирования и принятия решений: основы системного анализа, общие вопросы моделирования, моделирование систем, основные понятия теории принятия решений и некоторые смежные разделы вычислительной математики и исследования операций. В тексте курсивом выделены термины, которые включены в пособие. Это позволяет, в случае необходимости легко получать необходимые справки по таким терминам. Чтобы не перегружать пособие прямыми ссылками на литературу, использованную при его составлении, список использованной литературы приведён лишь в конце данного справочного учебного пособия.

Словарь будет полезен студентам технических специальностей, магистрантам, аспирантам и специалистам, которым необходимы начальные сведения по вопросам системного анализа моделирования и принятия решений.

УДК 519.876.5

Сибирская государственная геодезическая
академия (СГГА). 2009

© Вовк И.Г., Бугакова Т.Ю. 2009.

Автомат – устройство, выполняющее по заданной программе без непосредственного участия человека все операции по получению, преобразованию, передаче и распределению энергии, вещества или информации; в системах может представлять унифицированный узел (элемент) *агрегата*.

Автоматизация - внедрение автоматов в практическую деятельность (например, автоматизация управления, нефтедобычи, медицинской диагностики, погрузочных работ и т.п.).

Автоматизированная система управления (АСУ) – система, которая представлена совокупностью методов и средств организационных компонентов, обеспечивающих управление сложным объектом или процессом в соответствии с заданной целью.

Агрегат – математическая модель реальных объектов. Его можно представить как некоторое устройство («чёрный ящик») выполняющее определенные функции, имеющее конечное число *входов* и *выходов* и некоторое множество *внутренних состояний*. На входы из *окружающей среды* поступают *сигналы*. В зависимости от значений сигналов и от состояния, в котором находится агрегат, он переходит в новое состояние и выдаёт сигналы на выходы. При изменении входных сигналов изменяются состояния агрегата и выходные сигналы, агрегат функционирует во времени.

Агрегат – оператор – способ объединения множества элементов с близкими свойствами. Например, определение интегральных характеристик для множества элементов, классификация элементов, выявление закономерностей случайных явлений, определение функций многих переменных и т.д.

Агрегат – структура – описание отношений между агрегируемыми элементами, способ агрегирования для образования структуры системы с заданными свойствами.

Агрегирование – операция противоположная *декомпозиции*; установление отношений на заданном множестве элементов. Операция образования *агрегата* – такое объединение конструктивно и функционально унифицированных частей в целое, которое приводит к появлению нового качества за счёт конкретных взаимосвязей между конкретными элементами *агрегата*. Другие связи приведут к возникновению других качеств. Новое качество, появляющееся в результате *агрегирования*, называют свойством *эмерджентности*.

Адекватность – свойство модели, отражающее меру достижения цели моделирования; адекватность модели и объекта – это правильность отображения в модели свойств объекта в той мере, которая необходима для достижения цели моделирования. Одна и та же модель может быть адекватной относительно одной цели и неадекватной относительно другой.

Алгоритм – точное описание (правило), выполняемого шаг за шагом процесса, который завершается за конечное число шагов и приводит к решению задачи.

Алгоритмизация - 1) составление алгоритма для проектируемого процесса (например, алгоритмизация решения задачи); 2) выявление алгоритма,

формализация существующего процесса (обычно в целях его изучения, совершенствования или автоматизации).

Алгоритмический язык – формализованный язык для однозначной записи *алгоритмов*, которые предназначены для выполнения на компьютере. Количество алгоритмических языков велико, однако немногие из них получили широкое распространение. К ним, например, относятся АЛГОЛ, ФОРТРАН, КОБОЛ, ЛИСП и некоторые другие.

Альтернатива – одно из множества взаимно исключающих решений, алгоритмов, правил и т.д. Множество альтернатив может быть конечным счётным или континуальным. Каждая альтернатива оценивается по одному или нескольким *качественным* или *количественным критериям*.

Анализ – метод научного исследования (познания) явлений и процессов, в основе которого лежит изучение составных частей, элементов изучаемой системы. Однако изучение частей недостаточно для познания целого, так как целое может обладать свойствами, отсутствующими у всех и каждой из частей в отдельности. Это свойство называют *системообразующим свойством* или свойством *эмерджентности*. Для его выявления необходим *синтез*. Применение анализа наиболее эффективно, если целое составляется из независимых друг от друга частей. При этом изучение каждой части даёт представление об её роли и значении. Однако, такие случаи редки. Обычно роль и значение части зависит от роли и значения других частей целого. В этом случае необходимо рассматривать не отдельные части, а их взаимоотношения.

Анализ системы – это определение ее функционирования, выявление главного системного свойства, характеризующего систему в целом, по заданному описанию системы и оценка ее качества. Анализ системы выполняется методами декомпозиции и агрегирования, при помощи которых устанавливаются функциональные возможности системы и оцениваются структура и значения параметров элементов структуры. Он основан на математическом моделировании системы, в процессе которого устанавливаются функциональные возможности системы и оцениваются структура и значения параметров элементов структуры. Задачи анализа и *синтеза* взаимосвязаны и решаются совместно методом последовательных приближений.

Аналитический метод реализации математических моделей применяется, когда установлена аналитическая зависимость искомых результатов от множества исходных данных, состояний объекта и других его характеристик. Эта зависимость чаще всего выражена явной или неявной функцией и может быть исследована методами математического анализа, в результате которого формулируются выводы о существовании решения, его единственности, корректности. Аналитический метод позволяет получить точное решение задачи. Однако область его применения ограничена сложностью и многомерностью учитываемых факторов и возможностями математического аппарата.

Аналитическая форма математической модели – отображение объекта осуществляется с помощью явных, неявных, параметрических

функций, интегральных и дифференциальных уравнений или других аналитических выражений, связывающих цель моделирования и свойства объекта. Математические модели, представленные в аналитической форме, можно преобразовывать в соответствии с правилами и законами математики, получать решение и делать выводы, основанные на аналитических преобразованиях.

Алгоритмическая форма математической модели – отображение объекта осуществляется в форме алгоритма, т.е. в виде точного предписания последовательности некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата. Запись модели в алгоритмической форме удобна тем, что в ней указывается путь от исходных данных к искомому результату, состоящий из конечной последовательности действий. Фактически модель в алгоритмической форме является связующим звеном между собственно математической моделью и её программной реализацией.

База знаний – часть человеко-машинной системы, основанной на знаниях. В ней накапливаются новые факты, понятия, теории, модели, методы расчёта, алгоритмы, программы, *эвристические* приёмы и *эмпирические* правила и т.д. Эта информация используется специальной системой (*искусственный интеллект*), обосновывающей и выдающей рекомендации по применению этой информации для принятия *решений*.

База данных – 1) совокупность связанных данных, организованных по определенным правилам, предусматривающим общие принципы описания, хранения и манипулирования, независимая от прикладных программ. База данных является информационной моделью предметной области. Обращение к базам данных осуществляется с помощью системы управления базами данных (СУБД); 2) совокупность данных, отображающих состояния объектов и их отношения в рассматриваемой предметной области; 3) совокупность специально организованных данных, рассчитанных на применение в большом количестве прикладных программ.

Байесовский метод принятия решений – правило принятия решения о значениях ненаблюдаемых характеристик в условиях неопределённости, основанное на знании априорного (доопытного) распределения вероятностей этих характеристик и теореме Байеса, позволяющей вычислять их апостериорные (послеопытные) вероятности. Он основан на выборе решений, соответствующих максимальной апостериорной (послеопытной) вероятности, т.е. решения, имеющего минимальный средний риск.

Байесовское решающее правило – правило, обеспечивающее минимум риска решения из-за несоответствия принимаемых решений действительному состоянию природы. Если состояние природы есть ω_j , ($j = 1, 2, \dots, s$) и реализуются некоторые мероприятия a_i ($i = 1, 2, \dots, m$), то из-за ошибки в определении состояния природы возникают потери $\lambda(a_i | \omega_j)$. Пусть имеется возможность наблюдать некоторые признаки x_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Так как $P(\omega_j, x)$ – условная вероятность того, что действительное состояние природы ω_j , то

ожидаемые потери (условный риск), связанные с выполнением мероприятий a_i , равны

$$R(a_i, x) = \sum_j \lambda(a_i, \omega_j) \times P(\omega_j, x)$$

Для минимизации общего риска требуется вычислить условный риск для всех значений x_i и выбрать то действие, при котором условный риск минимален. Минимальный общий риск называют байесовским риском, соответствующим возможному наилучшему образу действий.

Белый шум – обобщённый случайный стационарный процесс с постоянной спектральной плотностью. Широко используется в приложениях для описания случайных возмущений с очень малым временем корреляции.

Бифуркация состояния системы – нарушение состояния стабильности системы. В точках бифуркации фазовая траектория разветвляется, скачкообразно изменяются интегральные показатели системы и структура системы, возникают кризисы, катастрофы и катаклизмы в состоянии системы. **Бифуркация** происходит в том случае, когда системы теряют устойчивость в окружающей их среде, будучи выведенными из **состояний**, в которых они могли бы с комфортом пребывать практически до скончания века.

Бифуркации точка — критическое значение при изменении «управляющей» переменной, в котором система выходит из состояния равновесия. В точке бифуркации у системы появляется «выбор», в котором присутствует элемент случайности, приводящий к невозможности предсказать дальнейшее развитие системы.

Внешняя среда (окружающая среда) – объекты, процессы и явления, не принадлежащие системе, но оказывающие влияние на возможность достижения системой цели. Они не принадлежат системе, но, взаимодействуя с ней, оказывают на неё влияние, вызывая ответную реакцию.

Вход (выход) системы – связь системы с окружающей средой, обеспечивающая передачу в систему (из системы) вещества, энергии или информации. Эта связь может быть задана словесно, количественно или абстрактно. В формальной модели системы вход и выход задают множествами X и Y входных и выходных переменных.

Выбор – процедура целенаправленного сужения (уменьшения количества) множества *альтернатив* в процессе принятия *решений*. Эта процедура основана на сочетании *эвристических* способностей человека с возможностями формальных методов и вычислительных систем. Выбор может быть разовым или многократным.

Выбор без ограничений – принятие решения, когда отсутствуют какие-либо условия и ограничения на искомое решение.

В приложениях, если *целевая функция* – функция одного переменного, задача выбора без ограничений сводится к задаче нахождения экстремума функции одной переменной в некоторой допустимой области.

Поиск решений для функций многих переменных в принципе аналогичен поиску оптимального решения для функции одной переменной, но реализация может быть существенно сложнее.

Выбор в условиях конфликта - принятие решений при целенаправленном противодействии среды.

Выбор в условиях неопределённости и риска – решение зависит от вида неопределённости состояния среды. Когда состояния среды известны, но заранее неизвестно, какое из них реализуется, то говорят, что выбор осуществляется в условиях неопределённости. Когда состояния среды известны и заданы вероятности их реализации, то задачу выбора называют задачей принятия решений в условиях риска. См. также *Оценка эффективности операции в условиях неопределённости, критерии Лапласа, Вальда, Гурвица, Сэвиджа*.

Выбор многокритериальный - В большинстве практических задач решение оценивается по нескольким критериям. В многокритериальных задачах критерий выбора задаётся вектором оценки $\vec{f}(f_1, f_2, \dots, f_m)$, где f_j – оценка возможного решения по критерию с номером j . В результате этого сравнение любых двух решений заменяется сравнением их векторных оценок. При этом может возникнуть неопределённость, обусловленная противоречивостью критериев. Сравнение векторных оценок осуществляется на основании *принципа доминирования по Парето*.

Выбор многошаговый – принятие решения рассматривается как процесс, состоящий из нескольких этапов. Если на каждом шаге процедуры принятия решения результат полностью определён, то её называют детерминированной, а, если не определён, но может быть предсказан с помощью некоторого распределения вероятностей, - стохастической. Многошаговый выбор реализуется методами *математического программирования*.

Выбор на основе статистических процедур - процедуры принятия решений, основанные на выявлении неслучайных характеристик случайных процессов и явлений и, следовательно, на объективном устранении или хотя бы уменьшении неопределённости. Для этого требуется дополнительная информация о состоянии среды, которую выявляют, используя специальные методы получения и обработки такой информации. К таким методам относятся *методы статистической проверки гипотез, Байесовский метод принятия решений, и метод последовательного анализа*.

Выбор с ограничениями – принятие решения в стеснённых обстоятельствах. По существу это задача отыскания экстремума целевой функции в задачах *математического программирования*. Впервые метод решения таких задач разработал Лагранж. Точка экстремума является стационарной точкой функции Лагранжа

$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda_1, \dots, \lambda_m) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \sum_{j=1}^m \lambda_j g_j(x_1, x_2, \dots, x_n)$, где λ_j – переменные, называемые множителями Лагранжа, $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - целевая функция, $g_j(x_1, x_2, \dots, x_n)$ - функции – ограничения.

Для нахождения точки экстремума необходимо решить систему уравнений, полученную приравниванием нулю всех частных производных функции Лагранжа.

Вычислительный алгоритм – точно определённая последовательность действий над данными, позволяющая с помощью компьютера преобразовать за конечное число операций исходный массив данных в массив выходных данных. Для каждого компьютера и заданного вычислительного алгоритма вычислительный процесс является строго детерминированным, т.е. заданному входному массиву данных однозначно соответствует последовательность операций данного компьютера, последовательность состояний компьютера и выходной массив данных. Реальный вычислительный алгоритм состоит из абстрактного вычислительного алгоритма, не связанного с конкретным компьютером и записанного или в общепринятых математических терминах или на каком либо алгоритмическом языке, и программы (совокупности компьютерных команд), описывающей вычислительный алгоритм и организующей реализацию вычислительного процесса в конкретном компьютере. Вычислительный алгоритм содержит ряд управляющих параметров, которые остаются неопределёнными в первой части и фиксируются в программе, полностью определяя вычислительный процесс и его адаптацию к конкретному компьютеру. Вычислительный алгоритм характеризуется *точностью, устойчивостью и экономичностью*.

Вычислительный эксперимент – метод исследования объектов и систем по их описанию, без создания физических моделей. Основой вычислительного эксперимента является математическое моделирование, теоретической базой – прикладная математика, а технической – современная вычислительная техника. Это позволяет применять вычислительный эксперимент к таким объектам, которые не имеют математического описания в виде формул или уравнений. Например, для изучения биологической эволюции, развития экономических и социальных систем. Вычислительный эксперимент имеет большую, чем классические математические методы, область приложения. Технологический цикл вычислительного эксперимента состоит из следующих этапов: разработка и исследование *математической модели*, разработка *вычислительного алгоритма*, программная реализация вычислительного алгоритма, выполнение вычислений на компьютере, обработка результатов и выводы. На вычислительном эксперименте основано *имитационное моделирование*.

Гипотеза - 1) предположение; утверждение, требующее доказательства или проверки; 2) форма развития науки.

Голосование - способ выражения коллективного мнения, вынесения коллективного решения, осуществления коллективного выбора с помощью одного из мажоритарных правил (простого или абсолютного большинства, консенсуса и т.п.).

Гомеостазис – способность существования живых систем при изменении внешних условий.

Граница системы – это то, что разделяет систему и внешнюю среду; в геометрической интерпретации - это поверхность, разделяющая систему и

окружающую её среду с учётом целенаправленности системы. При изменении цели системы может изменяться и граница системы.

Граф – математический объект, состоящий из двух множеств: множества вершин и, соединяющих их рёбер (направление связи между вершинами не имеет значения) или дуг (направление имеет значение). Применяется при моделировании структур или *структурных схем*. Между двумя вершинами могут быть одна, две и более связей (ребер), вершина может быть связана сама с собой.

Графическая форма представления математической модели - её представление на графическом языке, например, на языке эквивалентных схем, диаграмм, языке графов и т. д.

Данные – зарегистрированные сигналы, приведенные к цифровому, графическому или др. виду.

Дедукция - получение знания о подсистемах по знаниям о системе (от общего к частному).

Декомпозиция – разложение целого на части. Основанием всякой декомпозиции является *содержательная* модель. Объект сопоставляется с некоторой моделью и в нём выделяется то, что соответствует элементам принятой модели. Основная трудность процедуры декомпозиции заключается в доказательстве *полноты* и *безызбыточности (избыточности)* принятого набора частей. Декомпозиция может выполняться многократно, генерируя древовидные структуры.

“Дельфийский метод” – коллективный экспертный метод, основанный на индивидуальных опросах. Ответы экспертов обобщают и передают в распоряжение экспертов, после чего они уточняют свои первоначальные ответы. Процедура повторяется до достижения приемлемой сходимости высказанных мнений.

Дерево происшествий - модель интерпретации условий появления происшествий. Она обычно включает одно головное событие, которое соединяется с помощью конкретных логических условий с промежуточными и исходными предпосылками, обусловившими в совокупности его появление. Например, головное событие (корень дерева) – это некоторое фиксированное состояние системы (авария, несчастный случай или катастрофа), а ветви - наборы предпосылок возникновения события, образующие их причинные цепи. Листьями дерева служат исходные события - предпосылки (ошибки, отказы и неблагоприятные внешние воздействия), дальнейшая детализация которых нецелесообразна.

Дерево событий - модель прогнозирования сценариев возникновения событий. Дерево событий имеет одно центральное событие – фиксированное состояние системы (происшествие). Ветвями этого дерева служат сценарии возникновения и оценки последствий события, например, причинения ущерба системам или ресурсам. Эта модель не имеет логических узлов и по существу представляет вероятностный граф такой, что сумма вероятностей каждого разветвления составляет единицу, (события каждого уровня составляют полную группу независимых событий).

Детерминированность – объективная закономерная взаимосвязь и причинная взаимообусловленность событий.

Детерминированность в решении какой-либо практической задачи или в алгоритме означает, что способ решения задачи определен однозначно в виде последовательности шагов. На любом шаге не допускаются никакие двусмысленности или неопределенности, отсутствуют случайные события.

Диаграмма - один из способов изображения зависимости количественных показателей объектов. Наиболее распространены прямоугольные и круговые диаграммы. Прямоугольные диаграммы основаны на использовании прямоугольной системы координат, а круговые – полярной системы координат. На прямоугольных диаграммах отображаемой величине пропорциональна высота столбика, а на круговых – площадь кругового сектора.

Диаграммы причинно-следственных связей – средство перехода от смысловых, содержательных моделей к формальным знаковым моделям. Они представляют моделируемые системы в виде множества графических символов (узлов) и отношений между ними и позволяют ориентировочно оценивать и сравнивать различные альтернативные варианты достижения целей. В качестве узлов обычно рассматриваются простейшие элементы моделируемых систем (переменные или константы) – события, состояния, свойства, а в качестве связей (рёбра или дуги) – активности, работы и ресурсы. Наиболее распространены диаграммы в форме *графов*, деревьев событий (целей, свойств) и функциональных детерминированных или стохастических сетей различного назначения и структуры. В исследованиях широко применяются графы типа «дерево»: *дерево происшествий* и *дерево событий*. Графы этого типа не имеют «петель» и «циклов».

Динамическая модель системы – модель, в которой отображаются процессы, происходящие в системе с течением времени. *Формальные динамические модели* имеют те же типы, что и статические, но с явным указанием роли времени. Все реальные динамические системы подчиняются *принципу причинности*.

Дискретизация модели – это процедура, которая состоит в преобразовании непрерывной информации в дискретную.

Дискретно – стохастические схемы моделирования - называют **вероятностными автоматами** или дискретными потактными преобразователями информации с памятью, функционирование которых в каждом такте зависит только от состояния памяти в нём и может быть описано статистически. На практике здесь нашли широкое применение *Марковские процессы*.

Единый жребий - любой элементарный опыт, в котором решается один из вопросов: произошло или нет случайное событие A , какое из возможных событий A_1, A_2, \dots, A_k произошло, какое значение приняла случайная величина X , какую совокупность значений приняла система случайных величин X_1, X_2, \dots, X_k ? Любая задача единого жребия решается стандартным

образом, основанным на моделировании случайной величины R , распределённой с постоянной плотностью на интервале $[0,1]$.

Живучесть системы – способность системы противостоять действию возмущений, сохранять и восстанавливать (полностью или частично) свои свойства.

Задачи конкуренции – задачи, в которых рассматриваются конфликтные ситуации, возникающие из-за противоречивости интересов (целей) конфликтующих сторон (противников). Характерной чертой этих задач служит зависимость результатов поведения каждой из сторон от поведения противника. Математической основой решения задач конкуренции служит *теория игр*. Задачи конкуренции чаще всего возникают в экономике, военном деле, экологии и т.д. Примерами задач конкуренции могут служить игры и *торги*.

Замкнутая схема идентификации – оценка близости между объектом и его моделью и корректировка модели. Часто идентификация по замкнутой схеме сводится к нахождению экстремума выбранного критерия близости модели и объекта методами *исследования операций*.

Знания – *факты*, закономерности и *эвристические* правила, необходимые для принятия *решения*.

Идеализация – представление системы в упрощенном виде, более доступном для достижения цели путём мысленного конструирования систем и/или подсистем, не существующих в действительности.

Идентификация – установление соответствия между объектом (системой) и его отображением (моделью). При решении задач идентификации большое значение имеет область приложения результатов. При исследовании объектов (систем) основной целью является определение *структуры* и оценка *параметров* модели *адекватных* целям моделирования. Методы идентификации делятся на *непараметрические* и *параметрические*. Идентификацию можно выполнять или по *разомкнутой* или по *замкнутой* схеме.

Избыточность - свойство сигналов и систем, обеспечивающее их устойчивость против разрушительного воздействия помех, шумов, отказов элементов, непредвиденных обстоятельств и т.п. Это свойство состоит во включении в структуру системы или сигнала большего числа элементов, чем это минимально необходимо при отсутствии помех. Если критерий эффективности связан с минимизацией числа элементов, то при отсутствии помех избыточность является излишней (отсюда - ее название), а при наличии помех - полезной, но возникает задача ее минимизации.

Избыточность системы – свойство системы, обеспечивающее её устойчивое функционирование при непредвиденных обстоятельствах, отказе элементов и т.п. Избыточность бывает *структурная* и *информационная*.

Измерение - действие по сопоставлению определенного состояния наблюдаемого явления или объекта с выбранной для регистрации этого состояния шкалой; результатом измерения является символ (принадлежащий выбранной шкале), обозначающий наблюдавшееся состояние.

Изотропíя, изотропность – независимость физических свойств, инвариантность по отношению к выбору направления.

Изотропная среда — такая область пространства, физические свойства (электрические, оптические...) которой не зависят от направления. Например, показатель преломления оптически изотропной среды одинаков во всех направлениях.

Имитационные методы реализации математических моделей – это численные методы проведения на компьютере вычислительных экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение системы. При имитационном моделировании, в отличие от численных методов, дискретизируют не математические соотношения, а саму систему. Разделяя систему на части, воспроизводят на компьютере с помощью моделирующего алгоритма все процессы функционирования множества элементов и подсистем так, чтобы иметь возможность, управляя ходом процесса имитации и обзревая полученные результаты, делать вывод о свойствах системы и качестве поведения. Меняя параметры модели можно изучать, как при этом меняются свойства моделируемого объекта, т.е. воспроизводить возможную реальность. Наиболее просто имитация осуществляется на основании *принципа Δt* . Для имитации динамики систем, изменение состояния которых происходит в отдельные моменты времени, используют *принцип особых состояний*.

Ингерентность – согласованность модели с культурной средой, в которой она должна функционировать, например, согласованность может выражаться в обеспеченности модели ресурсами или в возможности её реализации.

Индукция - получение знания о системе по знаниям о подсистемах (от частного к общему).

Интегральные характеристики систем – обобщённое значение некоторых свойств множества однородных элементов (подсистем). Например, средние значения функции в заданной области (средняя скорость, цена, давление). Применение интегральных характеристик уменьшает размерность (число элементов) системы и упрощает её анализ.

Интеллект – общие способности к познанию, пониманию и разрешению проблем, способность ориентирования в незнакомых условиях и умение находить решения *слабо формализованных задач*.

Интенсивность потока событий - среднее число событий в единицу времени.

Инструментальная модель - средство построения, исследования и/или использования прагматических и/или познавательных моделей.

Интеллектуальная проблема – выбор цели, планирование ресурсов (выбора необходимых ресурсов) и построения (выбора) стратегий достижения цели.

Интеллектуальная система - человеко-машинная система, которая обладает способностью выполнять (или имитировать) какие-либо интеллектуальные процедуры, например, автоматически классифицировать,

распознавать объекты или образы, обеспечивать естественный интерфейс, накапливать и обрабатывать знания, делать логические выводы.

Интерактивная информационная система – это информационно-вычислительная система, в которой обмен и передача информации производится путем диалогов.

Информатика - наука, изучающая информационные аспекты системных процессов и системные аспекты информационных процессов.

Информационная избыточность системы – избыточность количества перерабатываемой информации по сравнению с минимально необходимой для достижения цели.

Информационное описание даёт представление о потоках информации в системе и характеризует *организацию системы*. Информационное описание определяет зависимость *морфологических* и *функциональных* свойств системы от качества и количества внутренней (о себе самой и среде) и внешней (поступающей из среды) информации. В процессе взаимодействия элементов системы происходит движение информации с целью получения результата (достижения цели). Информационное описание системы удобно представлять в виде информационного графа, отражающего информационное взаимодействие элементов системы с внешней средой или между собой. Анализ информационного графа системы позволяет получать дополнительную информацию о системе, извлекать новые знания о системе, решать информационно-логические задачи. Постановка и решение информационно-логических задач позволяет выявлять информационные и причинно - следственные связи в системе, проводить аналогии, выявить дублирующие связи и избыточные элементы и т.д.

Информация – одна из форм существования материи (наряду с веществом и энергией). Является одним из наиболее общих понятий, обозначающих некоторые сведения, знания и т.д. Все в окружающем мире относится либо к *физическим телам*, либо к *физическим полям*. Поскольку состояния абсолютного покоя не существует, то физические объекты находятся в состоянии непрерывного движения и изменения, которое сопровождается обменом энергией и ее переходом из одной формы в другую. Все виды *энергообмена* сопровождаются появлением сигналов, то есть все сигналы имеют в своей основе материальную энергетическую природу. При взаимодействии сигналов с физическими телами в последних возникают определенные изменения свойств — это явление называется *регистрацией сигналов*. Такие изменения можно наблюдать, измерять или фиксировать иными способами — при этом возникают и регистрируются новые сигналы, то есть образуются данные. *Данные — это зарегистрированные сигналы*. Данные несут в себе *информацию* о событиях, произошедших в материальном мире, однако они не тождественны информации. Информация — это продукт взаимодействия данных и адекватных им методов.

Информация априорная - это информация о состояниях системы до проведения эксперимента.

Информационная система - система поддержки и автоматизации интеллектуальных работ - поиска, администрирования, экспертиз и экспертных оценок или суждений, принятия решений, управления, распознавания, накопления знаний, обучения.

Информационная система управления - система предназначенная для управления как системой, так и в системе.

Информационная среда - множество взаимодействующих информационных систем и информация, актуализируемая в этих системах.

Информационное обеспечение – это обеспечение функционирования единой системы, классификации и кодирования информации, унифицированных систем, документации и информационные массивы.

Информация семантическая – смысл или содержание, заключённые в сообщении. Смысл сообщения описывается путём соотнесения с семантической информацией, хранящейся в приёмнике (*тезаурус*). Сведения, полученные из сообщения, меняют исходный *тезаурус*. Недостаточно развитый *тезаурус* получит из данного сообщения малую семантическую информацию (не сможет его понять), а для слишком полного *тезауруса* в сообщении будет мало новой информации.

Искусственный интеллект – это кибернетическая система, моделирующая некоторые стороны интеллектуальной деятельности человека (игры, доказательство теорем логики и геометрии и т.д.). Создание искусственного интеллекта составляет одно из направлений исследований по созданию *искусственного разума*. Основной задачей этого направления является автоматизация отдельных интеллектуальных действий человека. При этом широко используются *эвристические* приёмы – правдоподобные рассуждения, выводы по аналогии и интуитивные предположения. Кратко искусственный интеллект можно определить как систему представления *знаний* и решения неформализуемых задач.

Искусственный разум – искусственно созданная система произвольной природы, предназначенная для восприятия, хранения и переработки информации и формирования целесообразного (разумного) поведения по аналогии с поведением человека в аналогичных условиях. Исследования по созданию искусственного разума ведутся в двух направлениях. Первое – создание *искусственного интеллекта*, а второе – построение искусственного разума путём моделирования его биологического прототипа – человека. Целью второго направления является разработка приёмов и построение конкретных автоматов, которые ведут себя в широком классе сред подобно человеку.

Исследование операций – направление в исследовании и проектировании систем, основанное на математическом моделировании процессов и явлений и предназначенное для принятия решений в условиях неопределённости. В каждом процессе принятия решения возникает две проблемы: описание множества допустимых решений и *целевой функции*; определение экстремума целевой функции и допустимого решения, доставляющего этот экстремум. Исследование операций позволило от наблюдений и умозрительных заключений перейти к строгой проверке представлений о рассматриваемых

системах и явлениях на моделях. Значительное место в развитии теории исследования операций принадлежит Ю. Б. Гермейеру, который разработал общую методологию анализа задач принятия решений, имеющих существенно разную физическую природу. В исследовании операций традиционно выделяют три основных этапа: построение модели изучаемого процесса или явления; описание операции – постановка задачи: формулирование цели операции, анализ неопределённостей и ограничений, разработка критериев оценки эффективности операции и т. д., решение возникающей оптимизационной задачи. Кроме основной задачи исследование операций занимается: сравнительной оценкой различных вариантов организации операции; оценкой влияния на результат операции различных элементов решения и заданных условий; исследованием «узких мест», т.е. элементов управляемой системы, нарушение работы которых оказывает сильное влияние на успех операции, и т.д. Типичные задачи исследования операций: *управление запасами, распределения ресурсов, массового обслуживания, замены оборудования, конкуренции* и их различные комбинации.

Катаклизм системы – разрушение системы и прекращение её существования.

Катастрофа системы – состояние системы, сопровождающееся значительным и резким изменением интегральных свойств системы вследствие коренного преобразования её морфологии и структуры.

Кибернетика – наука об общих законах получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных технических, биологических, административных и социальных системах. Важной отличительной особенностью кибернетики является создание принципиально нового метода исследования объектов и явлений – *вычислительного эксперимента* или машинного моделирования. Этот метод находит применение в других науках, независимо от специфики изучаемых ими объектов и явлений. Академик А.Н.Колмогоров дал следующее определение кибернетики “кибернетика - это наука, которая занимается изучением систем любой природы, способных воспринимать, хранить и перерабатывать информацию и использовать её для *управления и регулирования*”.

Классификация – одна из проблем распознавания образов. Каждому классу приписывают некоторые характеристические признаки или свойства и по их наличию у изучаемого объекта осуществляют классификацию. Классификация основана на анализе информации об объекте и отнесении объекта к тому или иному классу из заданного набора классов. Классическим примером классификации может служить задача о фальшивой монете. Поиск фальшивой монеты это и есть классификация монет по признаку качества монеты.

Классификация систем – в зависимости от критериев классификации существуют различные варианты классификации систем. Наиболее общим критерием классификации систем является происхождение систем. По этому критерию все системы делят на *естественные системы, искусственные системы и социальные системы*.

Когнитивная модель системы – целенаправленное, приближённое отображение объекта, полученное на основании имеющейся информации о нём, и основанное на возможностях человека к выявлению знаний из информации.

Код – совокупность знаков и система правил, при помощи которых информация может передаваться, обрабатываться и храниться. Код может использоваться для защиты сообщения путём превращения его в бессмысленный набор знаков, для понимания которого необходимо знать ключ. Совокупность условий и правил образования сигнала, использование которых на передающем и на приемном концах позволяет передавать и получать информацию с помощью сигнала.

Количество информации - числовая мера информации, содержащейся в одном случайном объекте о другом случайном объекте. Определяется как некий функционал от соответствующих распределений вероятностей, либо как объем вычислений, необходимых для алгоритмического определения состояния объекта.

Консенсус – принятие решения на основе общего согласия участников социальной системы, имеющих противоречивые интересы, без формального голосования при отсутствии формально заявленных возражений.

Конфигуратор – минимальный набор различных языков описания системы, достаточный для проведения системного анализа. Конфигуратор имеет целевую направленность и при изменении цели может перестать быть конфигуратором. Например, любого человека можно характеризовать с профессиональной, моральной, политической и других точек зрения. Совокупность этих характеристик образует конфигуратор. Конфигуратором также является описание распределения власти, ответственности, информации в организациях.

Концептуальная модель объекта – обобщённая формальная схема модели, в которой определяются: граница между объектом и внешней средой, цель моделирования, метод оценки эффективности, типовые математические схемы моделирования, необходимые гипотезы и предположения и ожидаемые результаты. Первым этапом машинного моделирования является построение концептуальной модели, основным назначением которого является переход от содержательного описания объекта к его математической модели.

Кризис системы - состояние системы, свидетельствующее о необходимости адаптации системы к заметно изменившимся условиям. Он характеризуется сохранением самых важных характеристик, незначительным ущербом элементам и свидетельствует о необходимости обновления системы.

Критерий (показатель) эффективности – показатель, позволяющий оценивать и сравнивать между собой результаты какой-либо деятельности. Он может быть скалярным, векторным, матричным или функциональным.

Критерий Вальда основан на принципе минимакса, т.е. на выборе того варианта действий, который обеспечивает, в зависимости от поставленной цели, получение или минимума максимальных потерь или максимума минимальных доходов.

Критерий Гурвица основан на задании субъективной вероятности α наилучшего (А) и $(1-\alpha)$ наихудшего (а) вариантов действий и вычислении по этим данным значения критерия эффективности по формуле $\Theta = \alpha A + (1-\alpha)a$.

Критерии качественные - это совокупность постулируемых показателей, ранжированных по значимости. Чаще всего качественные показатели выражаются в форме “да - нет”, но могут применяться и многоступенчатые шкалы с оценками в баллах, как это делается в виноделии или парфюмерии. Для качественной оценки часто используется неформальный метод *экспертных* оценок.

Критерии количественные - это один из способов выражения качества. Количественные критерии могут быть частными и общими. Частные критерии в количественной мере оценивают соответствие отдельных параметров и характеристик или свойств альтернативы, модели, операции и т.д., а общие – совокупности параметров и свойств. Количественные критерии выражаются в количественной мере в виде детерминированных или статистических, точечных и интервальных, скалярных и векторных, интегральных, дифференциальных и других оценок.

Критерий Лапласа основан на принципе равной вероятности вариантов действий или ожидаемых результатов и применяется, когда невозможно отдать предпочтение ни одному из них.

Критерий Сэвиджа основан на вычислении утерянной выгоды при различных вариантах действий, и выборе того варианта действий, который минимизирует утерянную выгоду.

Лексикографическая оптимизация Парето-оптимального решения - все критерии ранжируются и упорядочиваются по их относительной важности. Затем отбираются все решения, которые имеют оптимальную оценку по важнейшему критерию. Если такое решение одно, то его и считают оптимальным. Если таких решений несколько, то среди них выбирают те, которые имеют оптимальную оценку по второму важнейшему критерию и т.д., пока не останется единственное решение. Ранжирование критериев в этой процедуре играет важнейшую роль, так как первый, принятый за важнейший, критерий в значительной мере определяет выбор оптимального решения, а само ранжирование критериев зачастую имеет эвристический характер.

Лицо, принимающее решение (ЛПР) – персона или коллектив, обладающие полномочиями для принятия, отмены или изменения необходимых решений.

Макетирование - представление структурных, функциональных, организационных и технологических подсистем в упрощенном виде, сохраняющем информацию, необходимую для понимания взаимодействия и связей этих подсистем.

Макетирование системы - реализация подсистем с упрощенными функциональными описаниями, процедурами и апробация взаимодействия этих макетов с целью удовлетворения системной цели, при этом возможно

использование “макетов” критериев адекватности, устойчивости, эффективности.

Марковский процесс - случайный процесс, в котором для каждого момента времени t_0 вероятность любого будущего состояния системы зависит только от её состояния в данный момент и не зависит от развития процесса в прошлом.

Марковская цепь - случайная последовательность называется Марковской цепью, если на каждом шаге вероятность перехода из любого состояния S_i в любое состояние S_j не зависит от того, когда и как система пришла в состояние S_i .

Массового обслуживания задача – задача исследования операций, связанная с изучением систем обслуживания (телефонные станции, билетные кассы, системы сбора и обработки информации, транспортные системы и т.д.) с целью изучения процессов образования спроса на обслуживание и определения оптимальной структуры и законов функционирования систем обслуживания.

Математическая модель задачи принятия решений – определение отображения $F: X \times Y \rightarrow U$, или $u = F(x, y)$, где X - множество допустимых алгоритмов функционирования состоящее не менее чем из двух элементов; Y - множество возможных состояний среды; U - множество возможных исходов – состояний системы. Каждый вариант принимаемого решения, приводящий к некоторому исходу, оценивают и выбирают наиболее полезный с точки зрения лица, принимающего решения (человек, фирма, система). Числовую оценку решения получают в результате анализа **целевой функции** $\varphi(x, y) = \varphi(F(x, y))$. Существуют и другие методы оценки принимаемых решений, основанные на определении отношения предпочтения всевозможных пар решений или на сужении множества решений, например, на основании доминирования по Парето.

Математическое программирование - раздел математики, занимающийся изучением задач отыскания экстремума функций на некотором множестве, определяемом линейными и нелинейными ограничениями (равенствами и неравенствами), и разработкой методов решения этих задач. Целью математического программирования служит создание, если это возможно, аналитических методов решения экстремальных задач или разработка эффективных численных методов нахождения приближённого их решения, т.е. выбор программы действий. С этим обстоятельством связано и название «математическое программирование». В математическом программировании рассматривают задачи линейного, нелинейного, выпуклого, квадратичного, целочисленного и т.д. программирования.

Математические схемы моделирования систем – средство для перехода от содержательного описания системы к математической модели, решения вопроса об *адекватности* такого перехода. Математическую схему при переходе от содержательного к формальному описанию системы можно представить как звено в последовательности: описательная модель – математическая схема – математическая модель.

Машинно-ориентированные языки программирования – языки, в которых явно выражена связь с конкретной ЭВМ и в язык введены элементы, упрощающие и автоматизирующие процесс программирования. Программы, составленные на этих языках, не уступают по эффективности программам, написанным в кодах машины. Эти языки предназначены для системных программистов.

Метод “мозгового штурма”- один из коллективных экспертных методов. Он основан на коллективном обсуждении проблемы и проходит в два этапа. На первом этапе выдвигаются любые, даже бессмысленные, на первый взгляд, идеи, которые фиксируются. Критика высказываемых идей запрещена. Допускается уточнение или комбинирование идей. На втором этапе все выдвинутые идеи изучаются специалистами – экспертами и оцениваются по заранее разработанной системе критериев. Те предложения, которые в наибольшей степени удовлетворяют системе критериев, принимаются, а остальные, после выявления рационального зерна, отбрасываются. Эффективность метода снижается при неизменном составе экспертов, их слишком большом числе, низкой квалификации и присутствия эксперта, доминирующего над другими.

Метод последовательного анализа - метод принятия решений, основанный на последовательном (пошаговом) принятии решений. Характерной чертой последовательного анализа является возможность выбора числа опытов непосредственно в процессе принятия решений в зависимости от значений поступающих данных. Теорию последовательного анализа в 40-е годы 20 столетия разработал А. Вальд. Рассмотрим случайную величину ξ с дискретным распределением вероятностей $P(\xi, \theta)$. Задача состоит в том, чтобы по результатам наблюдений принять решение об истинном значении неизвестного параметра θ . В классических статистических методах число наблюдений для принятия решения о значении θ фиксируется заранее, а в последовательном анализе – является случайной величиной, не зависящей от будущего. По сравнению с классическими методами применение последовательного анализа для решения этой задачи даёт экономию в числе наблюдений до 50%. В последовательном анализе наблюдения выполняются до тех пор, пока не станет возможным принять решение с заданной точностью, не зависящей от значений неизвестных параметров.

Методы реализации математических моделей делятся на аналитические, численные и имитационные.

Методы статистической проверки гипотез – методы принятия решения, основанного на проверке статистических гипотез. Они предназначены для ответа на вопрос о согласованности эксперимента и некоторой теории. Предполагается существование выборки, состоящей из n наблюденных значений некоторой случайной величины, и необходимо решить, имеет ли распределение вероятностей этой величины некоторые заданные свойства.

При проверке статистических гипотез возможны ошибки двух родов. *Ошибка первого рода* состоит в том, что гипотеза отвергается, когда она верна.

Ошибка второго рода состоит в том, что гипотеза принимается, когда она не верна. Эту ситуацию можно представить в виде таблицы.

Гипотеза H_0	Верна	Неверна
Отвергается	Ошибка первого рода	Правильное решение
Принимается	Правильное решение	Ошибка второго рода

Методы проверки статистических гипотез позволяют принимать решения о соответствии выборочной функции распределения некоторому теоретическому распределению, о соответствии числовых выборочных характеристик числовым характеристикам теоретических распределений и другие.

Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) Идея метода проста и состоит в следующем. Каждый раз, когда на процесс функционирования системы или ход изучаемого процесса влияет случайный фактор, его действие моделируется с помощью некоторой процедуры, дающей случайный результат, и таким образом строится одна реализация случайного явления, представляющего собой как бы результат одного опыта. Выполнив такое моделирование достаточно большое число раз, получают статистический материал, который обрабатывают методами математической статистики. Статистические методы обнаруживают устойчивые закономерности лишь при многократном наблюдении явления. Это обстоятельство делает метод Монте-Карло громоздким и трудоёмким. Однако область применения этого метода постоянно расширяется в связи с появлением всё более мощных вычислительных систем и появлением новых задач, решить которые другими методами пока не представляется возможным. Кроме того, для многих задач, в которых нет случайного фактора, можно разработать вероятностную модель, позволяющую решать её методом Монте-Карло (например, вычисление площадей).

Моделирование – имитация поведения реальных и виртуальных (гипотетических) систем. Основной метод теоретических и прикладных исследований, используемый для определения или уточнения параметрических, функциональных и структурных характеристик систем. Исследование систем на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих систем. Моделирование - создание, применение, использование модели. Главные функции модели - упрощение получения информации о системе; передача информации и знаний; управление и оптимизация; прогнозирование и диагностика.

Моделирование алгоритмическое - это моделирование, содержащее алгоритм решения какой-либо задачи.

Моделирование аналитическое – это моделирование, в котором процессы функционирования элементов системы записываются в виде некоторых функциональных соотношений или логических условий.

Моделирование графическое - это моделирование, в котором реальные свойства объекта заменены графиками, схемами, графами и т.д.

Моделирование динамическое - это моделирование, отображающее поведение объекта во времени.

Моделирование детерминированное - это моделирование, которое предполагает отсутствие всяких случайных воздействий, случайных ошибок и случайных процессов.

Моделирование дискретное - это моделирование, предназначенное для описания процессов, которые предполагаются дискретными.

Моделирование дискретно-непрерывное - это моделирование, которое используется в случаях, когда хотят выделить наличие как дискретных, так и непрерывных процессов.

Моделирование и/или использование приборов - получение знания об объекте с помощью модели и/или приборов; моделирование основано на возможности выделять, описывать и изучать наиболее важные факторы и игнорировать при формальном рассмотрении второстепенные.

Моделирование имитационное - это моделирование, в котором реализуется модель, производящая процесс функционирования системы во времени, а также имитируются элементарные явления, составляющие процесс.

Моделирование кибернетическое - это моделирование, в котором отсутствует непосредственное подобие физических процессов, происходящих в моделях, реальным процессам.

Моделирование комбинированное - это моделирование, которое при анализе и синтезе систем позволяет объединить достоинства аналитического и имитационного моделирования и при котором производится предварительная декомпозиция процессов функционирования объекта на составляющие подпроцессы.

Моделирование математическое - это процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта.

Моделирование мысленное - это моделирование, которое существует вне условий, возможных для их физического создания.

Моделирование наглядное - это моделирование, которое существует на базе представления человека о реальных объектах.

Моделирование натурное - это проведение исследований на реальном объекте с последующей обработкой результатов эксперимента на основе теории подобия.

Моделирование неполное - это моделирование, при котором в моделях учитываются не все свойства объекта, а лишь необходимые для достижения цели моделирования системы.

Моделирование непрерывное - моделирование, позволяющее отображать непрерывные процессы в системах.

Моделирование полное - это моделирование, в основе которого лежит полное подобие во времени и пространстве.

Моделирование приближённое - это моделирование, в котором некоторые функциональные стороны реального объекта не моделируются совсем.

Моделирование реальное - это моделирование, в котором используется возможность исследования различных характеристик, либо на реальном объекте, либо на его части.

Моделирование символьное - искусственный процесс создания логического объекта, который замещает реальный и выражает основные свойства его отношений с помощью определённой системы знаков или символов.

Моделирование статическое - это моделирование, которое служит для описания поведения объекта в какой-либо момент времени.

Моделирование стохастическое - моделирование, которое отображает вероятностные процессы и события, анализирует ряд реализаций случайного процесса, и оценивает средние характеристики.

Моделирование физическое - это моделирование, в котором исследования проводятся на установках, сохраняющих природу явления и обладающих физическим подобием.

Моделирование цифровое - это моделирование, в котором реальные свойства объекта заменены цифровыми характеристиками, причём эти характеристики находятся между собой в строгом соответствии.

Моделирование случайных величин - Моделирование случайных величин с заданными законами их распределения составляет основной элемент одной случайной реализации модели изучаемого явления методом Монте-Карло. Результатом моделирования случайной величины является ответ на вопрос: произошло или нет случайное событие A , какое из возможных событий A_1, A_2, \dots, A_k произошло, какое значение приняла случайная величина X , какую совокупность значений приняла система случайных величин X_1, X_2, \dots, X_k ? Любой элементарный опыт, в котором решается один из этих вопросов, называют *единичным жребием*.

Модель – приближённое, целенаправленное, необходимое и достаточное для достижения цели моделирования отображение объекта моделирования. Оно может быть материальным или абстрактным, в нём всегда имеется, безусловно истинное, условно истинное, предположительно истинное и ложное содержание.

Модель абстрактная – мысленное обобщение наблюдаемых фактов для достижения цели.

Модель аналоговая - это вспомогательный объект, имеющий физическую природу, отличную от природы изучаемого объекта, и замещающий этот объект так, что его изучение даёт полезные сведения об исходном объекте. В аналоговых моделях совокупность одних свойств отображается с помощью совокупности других свойств. Простейшим примером модели - аналога служит

обычный график, на котором различные физические свойства отображаются с помощью расстояния между точками. Аналоговое моделирование основано на принципе подобия - сходства объектов по некоторым признакам. Например, рельеф местности на топографической карте изображается системой линий равных высот - горизонталей. Эти линии служат моделью - аналогом физического рельефа. Модели - аналоги удобны для моделирования динамических процессов или систем. Существует три типа аналогии: прямая, косвенная и по соглашению. Прямая аналогия осуществляется в процессе создания модели. С этой точки зрения изобразительные модели можно интерпретировать как модели прямой аналогии. Косвенная аналогия между объектом и моделью объективно существует в природе и проявляется в совпадении или пренебрегаемом отличии моделей различных объектов. Это позволяет одни и те же модели использовать для моделирования объектов разной физической природы. Аналогию по соглашению называют условной аналогией. Примерами таких моделей – аналогов могут служить топографические карты, разнообразные сигналы, документы и т.д.

Модель блочная - это модель, которая является следствием формализации концептуальной модели, она учитывает только необходимые элементы, формализует построение системы, приводя ее к практическому применению.

Модель десиженсная – модель, имеющая информационный характер и соответствующая конкретным целям по принятию решений и управлению объектом, который они описывают.

Модель динамическая - модель, отображающая процессы, происходящие в системе со временем; в частности, модели функционирования и развития.

Модель изобразительная - это простейший тип моделей. Они подобны оригиналу и лишь описывают объекты. Фотографии, картины, скульптуры являются изобразительными моделями. В общем случае *всякое отображение - это изобразительная модель некоторых свойств объекта в принятом масштабе*. Например, на глобусе достаточно правильно отображены форма Земли, относительные размеры континентов, морей, островов и т.д. Однако, хотя изобразительная модель подобна оригиналу, она не отображает все его свойства. Модели этого класса хорошо приспособлены для отображения статических объектов или динамических объектов в фиксированный момент времени.

Модель математическая – отображение объекта математическими средствами, позволяющее выводить суждение о некоторых его свойствах при помощи формальных процедур. Использование математического языка предопределяет необходимость все операции и преобразования в математических моделях осуществлять над математическими объектами: числами, векторами, множествами, матрицами, функциями и т. д. Математические модели разрабатываются усилиями математиков и служат своего рода шаблонами, которые применяются в приложениях.

Модель познавательная - форма организации и представления знаний, средство соединения новых знаний с имеющимися. В познавательной модели

всегда отображается реальность. Вследствие этого для устранения расхождений между моделью и реальностью необходимо изменение модели. Примером этому может служить эволюция моделей мироздания: от библейских моделей к моделям Птолемея, Коперника - Кеплера – Ньютона и Эйнштейна.

Модель знаковая - информационная модель, выраженная специальными знаками, т. е. средствами любого формального языка.

Модель ингерентная - модель, согласованная с окружающей культурной средой, входящая в нее не как чуждый ей элемент, а как ее естественная часть.

Модель классификационная - простейший вид модели, в которой фиксируются только отношения тождественности или различия.

Модель моделей - иерархия моделей; многоуровневая абстракция; число уровней в иерархии моделей предположительно связывается с развитостью интеллекта.

Модель прагматическая - средство или способ представления образцово правильных действий или их результата. Они играют роль стандарта и имеют нормативный характер. В прагматических моделях отображается, может быть, не существующее, но желаемое и возможно осуществимое. Примером прагматических моделей служат уставы, кодексы законов, алгоритмы, технологические допуски и т. д. Целесообразность прагматических моделей заключается в определении целенаправленной деятельности для преобразования реальности с целью её приближения к модели.

Модель реальная (вещественная, физическая, предметная) - модель, построенная из моделей реальных объектов; подобие реальной модели и оригинала может быть прямым, косвенным и условным.

Модели символические - это модели, в которых объекты описываются на формальном языке, состоящем из конечного набора символов, правил отношения между ними и правил интерпретации слов. С этих позиций алгоритмические языки, системы счисления, разнообразные шифры и коды представляют примеры символических моделей. Математические модели также относятся к классу символических моделей. Поэтому все законы природы, выраженные в математической или словесной форме, есть символические модели.

Модель системы – формальное или содержательное отображение средства или способа достижения *цели* и разрешения *проблемы*. При построении математической модели системы необходимо решить вопрос об её полноте. Полнота модели регулируется выбором границы между системой и средой. Эта граница зависит от цели моделирования системы, определения элементного состава системы, точности определения свойств и т.д.

Модель содержательная – модель, все элементы которой определены, в соответствии с целью моделирования и имеющимися ресурсами для моделирования. Обычно содержательная модель включает формулировку цели моделирования, характеристику взаимодействия объекта с внешней средой, перечень основных сведений об объекте моделирования, необходимых для достижения цели моделирования, критерии оценки эффективности моделирования, формулировку возможных стратегий достижения цели

моделирования при заданных условиях и ограничениях и т.д. Она служит основой для построения *концептуальной* модели.

Модель состава системы – отображает, из каких подсистем и элементов состоит система. Разделение системы на составные части и элементы определяется целями моделирования и поэтому неоднозначно.

Модель структуры системы – отображает связи между элементами её состава, существенные для достижения цели.

Модель состава и структуры системы (структурная схема системы, “белый ящик”, “прозрачный ящик”) – отображает все элементы системы, все связи между элементами внутри системы и связи определённых элементов с окружающей средой (*входы* и *выходы* системы). В символическом виде эта модель может быть представлена схемой $X \xRightarrow{\varphi} S \xRightarrow{\phi} Y$, где X, Y - входы и выходы системы, S - пространство состояний системы, φ - *переходное отображение*, ϕ - *отображение выхода*.

Модель “чёрного ящика” – отображение системы, в котором определены только связи системы с *внешней средой*, а её строение остаётся неизвестным. Связи системы с внешней средой осуществляются через *входы* и *выходы системы*.

Модель эволюционная – отражает эволюцию системы в конкретной области знаний. Модели, имеющие в основном гносеологический характер, от них требуется тесная связь с методами той конкретной области знаний, для которой они строятся.

Модель языковая - любая конструкция на естественном языке, рассматриваемая как описание чего-либо (например, определение как модель определяемого; имя, название как обозначение называемого и т.д.).

Модуляция – 1) это кодирование сигнала в условиях, диктуемых техникой; 2) модуляция колебаний - медленное по сравнению с периодом колебаний изменение амплитуды, частоты или фазы колебаний по определённому закону. Соответственно различают амплитудную модуляцию, частотную модуляцию и фазовую модуляцию.

Морфологическое описание даёт представление о строении системы, в нём отображаются отношения элементов и подсистем между собой и с внешней средой. Оно не может быть исчерпывающим, так как зависит от глубины описания, уровня детализации, т.е. выбора элементов, внутри которых описание не проникает, от учитываемых связей между главными подсистемами, между второстепенными подсистемами, между элементами, от типа связей (прямая или обратная связь), характера связей (позитивная, негативная). В значительной мере оно определяется назначением системы и целью исследования. Изучение морфологии начинается с элементного состава, т.е. с определения частей системы, рассматриваемых как неделимые. В состав системы включают элементы, необходимые для достижения цели. Морфологические свойства системы существенно зависят от внутренних связей между элементами системы и связей с внешней средой. Обычно выделяют информационные,

энергетические, вещественные связи. В результате морфологического описания возникает описание *структуры* системы.

Надёжность – способность системы выполнять заданные функции, сохраняя свои свойства в течение фиксированного промежутка времени при заданных условиях эксплуатации. Для повышения надёжности систем применяют *структурную* и *информационную избыточность*.

Неопределённость – характеристика уровня и качества знаний о системе или объекте. Она бывает разного происхождения: неопределённость как следствие неизвестности; неопределённость как следствие расплывчатости сведений (значительно больше, приблизительно равно); неопределённость как следствие случайности – статистическая неопределённость. Мерой статистической неопределённости служит *энтропия*.

Неопределенность расплывчатая - неопределенность, связанная с нарушением аксиом тождественности неоднозначностью классификации. Описывается с помощью функции принадлежности; характерна для языковых моделей, но возможна в любых шкалах.

Неопределенность стохастическая - неопределенность, описываемая распределением вероятностей на множестве возможных состояний рассматриваемого объекта; случайность.

Неопределенность частотно-временная - свойство функций времени, состоящее в невозможности неограниченного уменьшения произведения их длительности на ширину их спектра; существует лишь некий минимальный предел этого произведения, которого можно достичь выбором специальной формы сигнала.

Нетранзитивность голосования - одно из свойств коллективного выбора, состоящее в существовании набора альтернатив, на котором выбор единственной альтернативы методом голосования сделан быть не может; в частности, результат выбора может зависеть от последовательности предъявления альтернатив.

Непараметрическая идентификация – установление соответствия между объектом и моделью по функциональным свойствам: стационарность, изотропность, периодичность, однородность, детерминированность, стохастичность и т.д.

Непрерывно – детерминированные схемы моделирования – определяют математическое описание системы с помощью непрерывных функций без учёта случайных факторов.

Непрерывно – стохастические схемы моделирования систем - предназначены для моделирования систем массового обслуживания. Они, по существу, представляют класс математических схем процессов обслуживания. Такими процессами являются процессы функционирования экономических, технических и других систем. Характерным для систем массового обслуживания является случайное появление заявок на обслуживание и завершение обслуживания в случайные моменты времени. Процесс функционирования прибора обслуживания можно представить как процесс

изменения состояний его элементов во времени. Переход в новое состояние означает изменение количества заявок, которые в нём находятся.

Непрерывная цепь Маркова – Марковский случайный процесс с дискретным состоянием и непрерывным временем. Случайный процесс, изменение состояния которого происходит не в фиксированные, а в случайные, заранее неизвестные моменты времени. Здесь вместо переходных вероятностей вводится понятие *плотности вероятности перехода* из состояния в состояние.

Неустраняемая погрешность – погрешность модели и погрешность входных данных.

Обобщённая формальная схема модели – модель “чёрного ящика”, модель состава, модель структуры или их комбинации.

Обратная связь – передача управляющей информации от объекта управления к органу управления с целью корректировки управления; способность *живых систем* формировать свои действия в зависимости от информации об окружающей среде.

Объект моделирования – предмет, процесс или явление, для изучения которых применяют методы моделирования. Чёткое формальное определение объекта моделирования необходимо для однозначности построения *модели*. Такое определение зависит от цели моделирования и позволяет выделить объект моделирования из *окружающей среды*. В зависимости от сведений об объекте используют разные формальные модели объекта. Часто для формального определения объекта моделирования используют понятие «чёрного ящика».

Однородная Марковская цепь – случайный процесс, в котором *переходные вероятности* не зависят от номера шага.

Однородность – сходство объектов по некоторому множеству признаков, параметров, свойств.

Оптимальное решение – решение, которое при заданных условиях и ограничениях предпочтительнее других; решение, которое доставляет *критерию эффективности* экстремальное значение.

Оптимальные условия функционирования – условия, при которых обеспечивается достижение поставленной цели наилучшим образом.

Ординарный поток событий - поток событий, в котором вероятность попадания на элементарный участок двух или более событий пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью попадания одного события. Ординарность потока означает, что события в потоке приходят по одиночке, а не парами, тройками и т.д. Если в неординарном потоке события происходят «пакетами» (парами, тройками и т.д.), то его можно рассматривать как ординарный поток пакетов событий. Когда число событий, образующих пакет – случайная величина, необходимо наряду с потоком пакетов рассматривать и последовательность случайных величин – число событий в каждом пакете.

Организация системы - принцип объединения элементов в систему, обеспечивающий информационную целостность системы, т.е. появление системных свойств, отсутствующих у элементов в отдельности.

Информационная целостность системы состоит в непротиворечивости, полноте и корректности информации, обеспечивающей достижения цели.

Основная теорема теории игр – всякая конечная игра имеет, по крайней мере, одно решение (возможно в смешанных стратегиях).

Основные этапы системного анализа – эмпирический системный анализ; проблемно ориентированное описание; теоретический системный анализ и принятие решения. Эти три фазы соответствуют трём основным этапам познания и преобразования реального мира: «созерцание – мышление – практика».

Оценка эффективности решения – это оценка его приспособленности к достижению цели. Чтобы иметь возможность судить об эффективности решения, необходим численный критерий оценки или показатель эффективности (целевая функция). Явный вид показателя эффективности определяется исходя из конкретных условий принятия решения. Среди множества вариантов выполнения операции лучшим считается тот, который доставляет показателю эффективности экстремальное значение. Различают оценку эффективности при полностью известных условиях и в условиях неопределённости.

Оценка эффективности решения при полностью известных условиях – это оценка экстремума функции эффективности (целевой функции) $W = W(\alpha_i, x_j)$, где $\alpha_i, (i = 1, 2, \dots)$ - известные факторы, на которые мы влиять не можем; $x_j, (j = 1, 2, \dots)$ - факторы, которые мы можем выбирать по своему усмотрению. Возникающие при этом возможные трудности имеют не принципиальный, а вычислительный характер.

Оценка эффективности решения в условиях неопределённости – это определение экстремума целевой функции $W = W(\alpha_i, Y_k, x_j)$, где $\alpha_i, (i = 1, 2, \dots)$ - известные факторы, на которые мы влиять не можем; $x_j, (j = 1, 2, \dots)$ - факторы, которые мы можем выбирать по своему усмотрению, $Y_k, (k = 1, 2, \dots)$ - неизвестные условия или параметры.

Выбор решения в условиях неопределённости в значительной мере зависит от природы неопределённости. Наиболее простым и благоприятным для расчётов является случай, когда неизвестные факторы Y_k есть случайные величины или случайные функции, о которых имеются статистические данные, характеризующие их распределение, т.е. они статистически устойчивы. В этом случае получить решение можно двумя путями. Во-первых, заменить случайные факторы на неслучайные (чаще всего на их математические ожидания) и неопределённую ситуацию приближённо заменить детерминированной. Во-вторых, применить метод статистических испытаний (метод Монте-Карло), выбирая в качестве оптимального решения то, при котором достигает экстремума математическое ожидание показателя эффективности. Наиболее трудным является случай неопределённости, когда функции распределения неизвестных факторов Y_k либо неизвестны, либо вовсе не существуют. В этом случае рекомендуется рассмотреть весь диапазон их

значений и составить представление о том, какова эффективность операции в этом диапазоне и как она зависит от Y_k . Решение оптимальное для заданной совокупности Y_k называется локально оптимальным. Совокупность локально оптимальных решений для всего диапазона значений Y_k и даёт представление об эффективности операции и её зависимости от Y_k , хотя неопределённость при этом сохраняется. Поэтому неразумно предъявлять к точности решения слишком высокие требования и лучше вместо строго оптимального решения выделить область приемлемых решений, которые оказываются несущественно хуже оптимального, и в пределах этой области произвести окончательный выбор.

Параметр – величина, характеризующая некоторое свойство объекта (системы) и позволяющая выделить объект из множества объектов того же рода. Параметры могут быть *сосредоточенными* или *распределёнными в пространстве*.

Параметр (или критерий) оптимизации – функция, используемая для сравнительной оценки возможных решений и выбора наилучшего.

Параметрическая идентификация – определение численных значений параметров принятой модели объекта (системы).

Парето – оптимальная оценка решения – такая векторная оценка решения из множества Q допустимых векторных оценок, которая не доминируется никакой другой оценкой из этого множества Q . Парето – оптимальность оценки означает, что она не может быть улучшена ни по одному из критериев, составляющих векторную оценку, без ухудшения, по какому либо другому критерию, входящему в векторную оценку. Парето-оптимальных оценок, как правило, получается множество, и выделить среди них единственную оптимальную оценку без дополнительной информации не представляется возможным, так как любые два Парето-оптимальных решения не сравнимы относительно доминирования по Парето. Это значит, что для любых двух Парето-оптимальных оценок всегда найдутся такие два критерия, по одному из которых предпочтительнее первый исход, а по другому – второй. В такой ситуации для принятия решения применяют два варианта. В первом варианте выбор оптимального решения из множества Парето-оптимальных осуществляет ЛПР и, следовательно, решение имеет субъективный характер. Во втором варианте на основе дополнительной информации выполняется сужение множества Парето-оптимальных решений с помощью некоторых формальных и эвристических процедур (*указание нижних границ критериев, субоптимизация, лексикографическая оптимизация*).

Периодичность – повторяемость состояний (свойств) объекта или системы через интервалы времени одинаковой длительности.

Переходная вероятность Марковской цепи – вероятность перехода системы из одного любого состояния в любое другое состояние.

Планирование эксперимента – процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. В результате применения этой процедуры

минимизируется общее число опытов, осуществляется одновременное варьирование всеми переменными, влияющими на результаты опытов, вырабатывается чёткая стратегия для принятия обоснованных решений после каждой серии экспериментов. Результаты эксперимента используют для получения *математической модели* объекта. Частный случай планирования эксперимента – планирование экстремального эксперимента: определение минимального количества экспериментов, необходимых для отыскания *оптимальных условий функционирования* объекта.

Плотность вероятности перехода для непрерывной Марковской цепи – плотность вероятности изменения состояния системы, характеризующая вероятность перехода системы из одного любого состояния в любое другое состояние.

Погрешность исходных данных – следствие ошибок наблюдений, измерений и округления входных данных. Ее возможно и необходимо оценить для выбора алгоритма расчета и точности вычислений. Как известно, ошибки эксперимента условно делят на систематические, случайные и грубые, а идентификация таких ошибок возможно при статистическом анализе результатов эксперимента.

Погрешность модели – следствие приближённости описания реального объекта или системы.

Погрешность математической модели – связана с ее несоответствием физической реальности, так как абсолютная истина недостижима. Если математическая модель выбрана недостаточно тщательно, то, какие бы методы мы не применяли для расчета, все результаты будут недостаточно надежны, а в некоторых случаях и совершенно неправильны.

Погрешности округления – следствие представления чисел в компьютере конечным числом цифр. Вследствие этого числа в компьютере имеют ограничение по числу значащих цифр и по абсолютной величине. Эта погрешность зависит от типа и режима работы (с простой или двойной точностью) компьютера, используемого при реализации вычислительного алгоритма. Погрешность округления обусловлена использованием в вычислительных машинах чисел с конечной точностью представления.

Подсистема – совокупность элементов, объединённых процессом функционирования, которые реализуют операцию, необходимую для достижения цели всей системы. Выделение подсистемы означает задание связей внутри подсистемы, а также структуры системы в виде связей, объединяющих подсистемы в *систему*.

Поле геоинформационное - информация, отнесённая к географическому пространству. Оно может носить планетарный характер и представлять, например, разнообразные естественные физические поля Земли или состояние отдельных частей Земли, как, например естественные физические поля океана; оно может определять состояние объектов в пределах заданной области, как, например, агротехническое состояние некоторой территории или распределение и характеристики объектов недвижимости на заданной территории. Оно может описывать состояние разнообразных природных,

техногенных или социальных комплексов в заданной области и т.д. Если свойства геоинформационного поля не зависят от времени, то его называют стационарным полем, а если кроме координат значение зависит от времени, то поле называют переменным. Стационарное поле можно рассматривать как мгновенное состояние переменного поля.

Геоинформационное поле или является средой, относительно которой происходит изучение объектов и явлений, или само служит объектом изучения. В первом случае необходимо только учитывать взаимодействие поля с изучаемыми объектами и явлениями, а во втором – определяется математическая модель поля.

Полнота модели - свойство, характеризующее достаточность *формальной* и *содержательной* модели для описания объекта моделирования в соответствии с целью моделирования.

Помехи (шумы) – сигналы или воздействия, искажающие полезный сигнал. Помехи бывают детерминированными и случайными. Детерминированные помехи в результатах измерений интерпретируются как систематические погрешности. Случайная помеха описывается как некоторая *случайная функция* времени, например “*белый шум*”.

Поток событий - последовательность однородных событий, происходящих в случайные моменты времени. Поток событий изображается последовательностью точек на оси времени так, что положение каждой точки относительно предшествующей случайно. Потоки событий подразделяют на *регулярный, стационарный, поток без последствия и простейший*.

Постановка задачи в системном анализе – это формулирование проблемной ситуации, т.е. выявление противоречия и всех возможных последствий его разрешения. Процесс постановки задачи идёт практически непрерывно вплоть до получения решения, так как новая информация, получаемая в ходе решения, позволяет уточнить и изменить первоначально поставленную задачу. Чтобы правильно и эффективно поставить задачу, необходимо представлять из каких элементов состоит задача.

Возникновение проблемы, в какой-либо области, свидетельствует о существовании противоречия, которое необходимо устранить. Но предпринимать какие либо действия по устранению противоречия возможно только с разрешения руководителя, ответственного за состояние дел в рассматриваемой области и имеющего желание достичь целей, разрешающих существующую проблему. Этому руководителю принято называть «лицо, принимающее решение» (ЛПР). Всякая система существует в некоторой среде и обменивается с ней веществом, энергией и информацией. Такой обмен практически всегда сопряжён с различного рода условиями и ограничениями, которые необходимо уяснить и сформулировать при постановке задачи. И, наконец, должны существовать возможность выбора между различными стратегиями достижения целей и способ сравнения этих стратегий между собой.

Таким образом, имеем шесть основных элементов, составляющих задачу: лицо, принимающее решение о необходимости устранения противоречия, цели,

достижение которых разрешает проблему, внешняя среда с ограниченными ресурсами, стратегии достижения целей, критерии и процедуры выбора стратегий из множества альтернатив. Все они обязаны быть принятыми во внимание при постановке задачи в системном анализе.

Построение обобщённого критерия оптимизации в многокритериальных задачах - Многокритериальные задачи принятия решений могут быть сведены к однокритериальным. Для этого множество заданных критериев необходимо преобразовать в один обобщённый критерий, выражающий, с точки зрения ЛПР полезность заданной системы критериев. С формальной точки зрения построение обобщённого критерия представляет собой процедуру агрегирования частных критериев в один критерий при условии сохранения для обобщённого критерия отношения доминирования по Парето. Это значит, что

$(W_1, \dots, W_m) \stackrel{Par}{>} (U_1, \dots, U_m) \Rightarrow F(W_1, \dots, W_m) \stackrel{Par}{>} F(U_1, \dots, U_m)$, где F – агрегат – оператор обобщённого критерия.

Рассматривая обобщённый критерий как функцию m переменных (частных критериев), определим для неё уровенные поверхности

$$F(W_1, W_2, \dots, W_m) = c.$$

При любых значениях частных критериев, удовлетворяющих данному уравнению, обобщённый критерий не изменяет своего значения равного c . Используя это обстоятельство, можно изменять значения частных критериев, сохраняя неизменным значение обобщённого критерия.

Основная трудность построения обобщённого критерия состоит в необходимости соизмерения критериев (*Унификация соизмеримости критериев*), имеющих различную природу и определяемых в различных шкалах.

Поток событий без последействия - поток событий, обладающий свойством: если для любых непересекающихся участков времени число событий, попадающих на один из них, не зависит от того, сколько событий попало на другой. Отсутствие последействия в потоке означает, что события, образующие поток, появляются в последовательные моменты времени независимо друг от друга.

Предметная область - раздел науки, изучающий предметные аспекты системных процессов и системные аспекты предметных процессов и явлений. Это определение можно считать системным определением предметной области.

Принцип Δt имитационного моделирования - состоит в разбиении интервала времени, в течении которого рассматривается функционирование системы, на части длиной Δt . Для имитации в пределах каждого такого интервала последовательно вычисляются изменения всех процессов в системе и изменения состояния элементов и подсистем. Точность имитации тем лучше, чем меньше Δt .

Принцип доминирования по Парето - Векторную оценку $f^p(f_1, f_2, \dots, f_m)$ называют доминирующей по Парето векторную оценку $g(g_1, g_2, \dots, g_m)$, если для

всех $j = 1, 2, \dots, m$, выполняется неравенство $f_j \geq g_j$, причём хотя бы для одного значения j последнее неравенство строгое.

Принцип особых состояний имитационного моделирования – процесс функционирования системы рассматривается как множество параллельных процессов, каждый из которых состоит из некоторой последовательности событий, изменяющих состояние системы. Для каждого процесса определяется время наступления очередного события. Найденные моменты времени упорядочиваются и в соответствии с полученной очередью осуществляют изменение состояния соответствующего элемента или подсистемы и системы в целом.

Проблема - противоречие между необходимостью и возможностью; 1) проблема развития - неудовлетворительное состояние системы, изменение которого к лучшему является непростым делом; 2) проблема функционирования - удовлетворительное состояние системы, сохранение которого требует постоянных и непростых усилий

Проблематика - сплетение, клубок проблем, которые неразрывно связаны с проблемой, подлежащей разрешению. Необходимость рассмотрения проблематики вместо отдельной проблемы вытекает из того, что проблемосодержащая система сама состоит из подсистем и входит в надсистему, а устранение поставленной проблемы требует учета последствий для всех них.

Проблемная ситуация - такая ситуация, когда неудовлетворительность существующего положения осознана, но неясно, что следует сделать для его изменения.

Пропускная способность канала связи - максимальная скорость передачи информации по каналу, при которой еще возможна передача без потери информации, т.е. при сколь угодно малой вероятности ошибок.

Пространство (физическое) - мера протяженности материи (события), распределения её (его) в окружающей среде.

Процессы информационные – поиск, хранение, передача, обработка и использование информации.

Принцип максимума эффективности – фундаментальный принцип системотехники, с помощью которого формулируется основной метод проектирования систем. Он заключается в разделении системы на части (*декомпозиции*) по функциональному признаку и установлении возможных вариантов реализации этих частей, связей между ними. На полученном множестве вариантов выбирается структура системы, соответствующая принципу максимума эффективности. Критерии эффективности каждой подсистемы должны быть согласованы между собой и подчинены требованию обеспечения максимума эффективности системы в целом. При этом для достижения максимума эффективности всей системы не требуется максимум эффективности каждой из подсистем.

Принцип организации системы - принцип, по которому объединение элементов приводит к появлению новых свойств, отличных от свойств

элементов. Различные принципы организации могут приводить к созданию систем, различающихся своими структурами, но тождественными по функциональному назначению. Изучением принципов организации природных систем, их возникновения, развития и самоусложнения занимается *синергетика*

Принцип причинности – принцип, который формулируется следующим образом: отклик системы на какое-либо воздействие не может начаться раньше самого воздействия. Выполнение этого принципа в реальных системах очевидно. В математических моделях этот принцип может не выполняться. Это обстоятельство обуславливает необходимость установления *условий физической реализуемости* теоретических моделей.

Проблема – противоречие между желаниями, потребностями и возможностями их удовлетворения.

Проблемно-ориентированное описание – второй этап системного анализа. На этом этапе более чётко, чем на этапе эмпирического системного анализа, формулируется проблема и цель системного анализа. Соответственно этому осуществляется описание системы с различных точек зрения, необходимых для проведения системного анализа. Безусловно необходимыми видами описания являются *морфологическое описание, функциональное описание* и *информационное* описание системы.

Программирование динамическое – раздел математического программирования, изучающий многошаговые процессы поиска решения. Метод динамического программирования разработан в середине 20-го столетия американским математиком Р. Беллманом и его учениками. Оно возникло в связи с решением задач многоэтапного выбора, состоящих из последовательности операций, в которых результат предыдущих операций можно использовать для управления ходом будущих операций.

Методы динамического программирования применяются для решения задач в разнообразных областях науки и техники, но все эти задачи имеют следующие свойства.

В любой момент времени состояние процесса описывается набором немногих параметров.

Операция выбора состоит в преобразовании этого набора параметров в такой же набор с другими численными значениями.

Прошлая история системы не имеет значения для определения будущих действий (Марковское свойство).

Содержание задачи динамического программирования состоит в последовательности выборов. Эту последовательность выборов называют *стратегией*. Стратегии наиболее желательные с точки зрения какого-либо заранее заданного критерия называют оптимальными стратегиями. Оптимальная стратегия обладает свойством: каково бы ни было начальное состояние и начальный выбор, остальные выборы должны составлять оптимальную стратегию относительно состояния, возникшего в результате первого выбора. Это свойство выражает **принцип оптимальности** динамического программирования.

Программирование линейное – раздел *математического программирования*, изучающий методы решения задачи отыскания экстремума линейной функции при линейных ограничениях в виде равенств или неравенств. Наиболее эффективный метод решения задачи линейного программирования – симплекс метод – разработан в 1949 году американским математиком Д.Б. Данцигом.

Простейший поток событий - Стационарный, без последствия, ординарный *поток событий* называется простейшим или стационарным пуассоновским потоком. Интенсивность λ (среднее число событий в единицу времени) для простейшего потока величина постоянная. Простейший поток имеет особое значение, так как при суперпозиции (взаимном наложении) достаточно большого числа потоков, обладающих последствием (но ординарных и стационарных), образуется суммарный поток, который можно считать простейшим. Если поток событий не имеет последствия, ординарен, но не стационарен, он называется **нестационарным пуассоновским потоком**. В таком потоке интенсивность λ (среднее число событий в единицу времени) зависит от времени.

Пространство состояний – пусть состояние объекта описывается некоторым набором характеристик (свойств) q_i ($i=1,2,\dots,k$), каждая из которых принимает значения из некоторого множества Q_i , т.е. $q_i \in Q_i$. Следовательно, множество S возможных состояний объекта определяется как прямое произведение $S = Q_1 \times Q_2 \times \dots \times Q_k$ множеств Q_i . Это множество называют пространством состояний объекта или *фазовым пространством*. Каждая точка этого пространства называется *фазовой точкой*, она характеризует одно из состояний объекта, её координаты (q_1, q_2, \dots, q_k) .

Процедуры выбора стратегий, наиболее полезных с точки зрения ЛПР – процедура принятия решения. Результат выбора существенно зависит от условий выполнения процедуры выбора. К условиям выбора обычно относят:

- *выбор без ограничений;*
- *выбор с ограничениями;*
- *выбор в условиях неопределённости и риска;*
- *выбор в условиях конфликта;*
- *выбор разовый или многошаговый;*
- *выбор одно- или многокритериальный;*
- *выбор на основе статистических процедур и т.д.*

Равновесие — общее понятие, относимое к различным ситуациям, характеризующимся взаимодействием разнонаправленных сил, воздействие которых взаимно погашается таким образом, что наблюдаемые свойства системы остаются неизменными.

Развитие - это деятельность системы со сменой целей.

Размеченный граф состояний системы – граф, на котором указаны вероятности или плотности вероятности перехода системы из одного любого состояния в любое другое состояние.

Размытое (расплывчатое) множество - множество, содержащее хотя бы один такой элемент, о котором нельзя однозначно сказать, принадлежит ли он или нет этому множеству (математическая модель расплывчатой неопределенности). Степень уверенности выражается функцией принадлежности, принимающей значения из интервала.

Разомкнутая схема идентификации – получение необходимых соотношений для определения неизвестных параметров модели по множеству входных и выходных сигналов. Полученные результаты не используются для корректировки принятой модели.

Ранг - 1) номер некоторого объекта в упорядоченном по некоторому признаку ряду объектов; 2) элемент порядковой (ранговой) шкалы.

Распределение ресурсов – задача, которая возникает при необходимости выполнить несколько операций, причём возможны различные способы их выполнения, но не хватает ресурсов для выполнения каждой из этих операций оптимальным образом. Решение состоит в нахождении оптимального варианта выполнения операций с учётом ограничения ресурсов. Эти задачи бывают двух типов. 1) Задан объём работ и ограниченные ресурсы, т.е. фиксированы, например, производственные мощности и количество материалов для выполнения работ. Требуется при заданных ограничениях выполнить все работы оптимальным образом. 2) Заданы материалы и/или оборудование. Требуется определить, какая работа даёт максимальный доход при использовании имеющегося оборудования и/или материалов.

Репромодель – упрощенный и наглядный прототип создаваемой модели.

Системы с распределенными параметрами или распределенные системы, системы, отличительной чертой которых является пространственная протяженность, входящих в них объектов. Существенным для отнесения системы к классу распределенных является невозможность этой протяженностью пренебречь (в описании, аппроксимации, моделировании, управлении и др.), не рискуя при этом адекватностью, качеством представления. Состояние системы с распределенными параметрами характеризуется функцией или набором функций нескольких переменных. Как правило, одной из таких переменных выступает время, а другими служат координаты точек геометрической области, занимаемой данной системой.

Поведение систем с распределенными параметрами описывается дифференциальными уравнениями в частных производных, дифференциально-разностными, интегральными, интегро-дифференциальными уравнениями и иными математическими соотношениями.

Регулирование – один из способов управления, основанный на корректировке состояния системы по информации об отклонении фактического состояния от заданного.

Регулярный поток событий – Поток, в котором события следуют через строго определённые промежутки времени.

Ресурсы в системе – средства, необходимые для достижения цели системы. В качестве ресурсов обычно рассматривают вещество, энергию, информацию, пространство, время, кадры, фирмы и организации.

Ресурсы необходимые для реализации стратегий – материальные, пространственно – временные, кадровые и организационные средства и способы обеспечения реализуемости стратегий. Материальные ресурсы – это вещество энергия и информация, пространственно – временные ресурсы – это пространство и время, необходимые для реализации стратегий, кадровые и организационные средства – это специалисты, фирмы и организации, которые способны обеспечить реализацию стратегии. При анализе ресурсов необходимо учитывать разного рода ограничения на возможность использования ресурсов. Эти ограничения могут быть обусловлены как *внешней средой*, так и субъективными причинами. Основное ограничение, которое накладывается внешней средой, состоит в невозможности действий, противоречащих законам природы, общества и намеченным целям. Субъективные ограничения при необходимости может изменять ЛПР.

Решение – процедура выбора из некоторого множества альтернатив (вариантов) оптимальной альтернативы. Решение может быть детерминированным, статистическим (стохастическим), эвристическим.

Решение игры – совокупность оптимальных стратегий.

Риск – случайная величина, определяемая ресурсами, необходимыми для перехода системы из данного состояния в другое возможное состояние, и вероятностью такого перехода. Как всякая случайная величина риск описывается функцией распределения случайной величины.

Риск байесовский - Байесовское решающее правило.

“Сборка” моделей – построение агрегата из моделей подсистем и элементов.

Свойство – неотъемлемая характеристика объекта, которая обуславливает его различие или общность с другими объектами и проявляется в его отношении к ним.

Семантика – один из разделов *семиотики*, предметом которого служит связь слов с теми объектами, которые слова представляют или обозначают, т.е. использование слов в качестве “ярлыков”. Например, “Новосибирск” – это название объекта “Новосибирск”. Не всегда и не для любого слова можно указать простой физический объект, для которого это слово служит “ярлыком” (например, основания, отношение). “Ярлык” может относиться и к отдельному объекту и к целому множеству (классу) объектов, например, “порт” – все пункты, расположенные у моря или иной водной поверхности и способные принимать корабли.

Семиотика – раздел знания о свойствах знаков и знаковых систем, рассматривающий их как модели объектов внешнего мира. Знаковыми системами являются, например, естественные и искусственные языки, системы сигнализации в человеческом обществе и животном мире, системы состояний входных и выходных сигналов различных машин и автоматов и т.д. вплоть до языков изобразительных искусств, музыки и вообще любые устройства, рассматриваемые как «чёрные ящики». Поэтому семиотика находит применение в биофизике, генетике, кибернетике, и других науках. Особое значение имеет для решения проблемы “общения” человека и компьютера.

Сигнал – материальный носитель информации, с помощью которого информация переносится во времени и пространстве. В качестве сигналов используются *состояния* физических объектов или полей. Соответствие между сигналом и передаваемой им информацией устанавливается с помощью *кода*. Посторонние воздействия, нарушающие это соответствие, называют *помехами* или *шумами*.

Сигнал динамический – сигнал, изменяющий свои свойства во времени и пространстве.

Сигнал статический – это сигнал, характеризующий неизменное состояние физических объектов.

Синергетика – область знания, которая изучает вопросы развития и принципы самоорганизации сложных систем (связи между элементами структуры *открытых систем*) в неравновесных условиях. Синергетика ищет ответ на вопрос, почему в таких системах наблюдается устойчивость относительно внешних воздействий, самообновляемость, способность к росту и самоусложнению, развитию, согласованность всех составных частей.

Синтез – процесс (как правило — целенаправленный) соединения или объединения ранее разрозненных вещей или понятий в нечто качественно новое, целое или представляющее набор.

Синтез систем – это объединение частей системы в соответствии с поставленными целями. Различают синтез структурный и параметрический. Цель структурного синтеза состоит в определении элементного состава системы и связей между элементами. Цель параметрического синтеза – определение числовых значений параметров элементов. Синтез называется оптимизацией, если определяются наилучшие в заданном смысле структуры и значения параметров (структурная или параметрическая оптимизация). Большое число факторов, влияющих на разновидности, свойства и параметры структуры, трудности решения задач оптимизации большой размерности затрудняют решение задачи структурного и параметрического синтеза.

Система – это любой объект, который рассматривается и как единое целое и как объединенная в интересах достижения поставленных целей совокупность разнородных элементов. Для любой системы характерно наличие свойств, присущих системе в целом, но отсутствующих у каждого элемента в отдельности. Следовательно, система не просто совокупность элементов, и, изучая каждый из них в отдельности, невозможно познать все свойства системы в целом. Мощность связей между элементами системы значительно превосходит силу связей с элементами, не входящими в систему, что позволяет выделить систему как целостный объект из окружающей среды. Фундаментальная проблема теории систем состоит в выяснении законов их организации, поведения и развития. Эту проблему решают методами математического моделирования систем.

Система адаптивная – система, которая может приспосабливаться к изменениям внутренних и внешних условий. Например, ракета, преследующая цель, стратегия уклонения которой от встречи с ракетой неизвестна. В процессе адаптации изменяются характеристики и свойства системы.

Система аддитивная – система, которая может быть произвольным образом разделена на части и при этом свойства системы можно получить в результате объединения (сложения) свойств частей. Например, масса и объём тела не зависят от способа расчленения тела на части.

Система большая – система, состоящая из большого числа взаимодействующих и многофункциональных элементов, имеющая многорежимный характер функционирования, стохастические связи с внешней средой и иерархическую структуру.

Системы детерминированные – их поведение можно абсолютно точно предвидеть, т.е. имеется возможность проследить цепь причинно – следственных отношений в процессе их функционирования.

Математической моделью детерминированной системы служит детерминированный автомат, функция переходов которого

$$F: Q \times X \Rightarrow Q$$

однозначна. Здесь Q – множество состояний системы, X – множество входных сигналов. Примерами таких систем служат системы, состоящие из элементов, преобразующих входные сигналы по заданному правилу. Например, системы автоматического управления, цель которых – сохранение заранее заданных значений фазовых координат системы. Детерминированные системы могут быть непрерывными или дискретными.

Система открытая – система, элементы (подсистемы) которой взаимодействуют с внешней средой, и в этом взаимодействии проявляется свойство *эмерджентности* системы. Открытая система всегда является частью некоторой другой большей системы.

Система замкнутая – система, изолированная от внешней среды. Такие системы являются абстракцией, доказать их существование невозможно из-за невозможности взаимодействия с ними.

Система естественная – система, возникшая в природе в результате реализации объективных закономерностей независимо от воли человека.

Система живая (биологическая) – система, в состав которой входят биологические элементы и подсистемы. Функционирование таких систем характеризуется целесообразностью, направленной на сохранение *гомеостазиса* (стабильности). Обеспечение стабильности достигается и осуществляется с помощью *обратной связи*.

Система искусственная – система, созданная человеком для достижения заданной цели.

Система кибернетическая – система, с которой ассоциирована группа субъектов, обладающих собственными целями и имеющими различные собственные представления о системе. В распоряжении каждого субъекта имеется возможность влияния на систему с помощью некоторых управляющих функций. Изучение кибернетических систем может проводиться лишь с позиций определённого субъекта и основываться на его целях и его представлении о среде (внешней ситуации, в которую включают гипотезы о поведении других субъектов). Поэтому необходимой частью описания

кибернетической системы являются случайные функции, моделирующие обстановку (внешнюю среду) и возможные действия других субъектов.

Система «неживая» - система, в которой отсутствуют биологические элементы и подсистемы. Функционирование таких систем основывается на законах сохранения.

Система полуавтоматическая – это система, частично переключая управление на др. систему – помощника или до выполнения определенных действий со стороны внешней среды.

Система саморазвивающаяся – система, развивающаяся за счёт собственных ресурсов.

Система сложная – система, состоящая из большого числа элементов и подсистем, в модели которой не хватает информации для эффективного управления, что приводит к неожиданным и нежелательным результатам. Существует два способа перевода системы из сложной в простую. Первый состоит в получении недостающей информации и включении её в модель, а второй - в смене цели системы.

Система социотехническая (социальная, общественная) – система, возникающая в обществе. В состав таких систем входят люди или коллективы, интересы (цели) которых могут быть противоречивы. Это обстоятельство является причиной конфликтов в таких системах. Для разрешения конфликтов без разрушения системы необходимо найти способ сосуществования “противоборствующих” сторон. Например, принесение интересов меньшинства в жертву интересам большинства, поиск консенсуса, защита интересов меньшинства, соблюдение интересов каждой отдельной личности и т.д.

Система управления – совокупность управляемой и управляющей систем, предназначенная для достижения некоторого результата – цели управления. Она решает три основные задачи: сбор и передача информации об управляемой системе, анализ этой информации и передачу управляющих воздействий на управляемую систему. Системы управления, функционирующие без участия человека, называют автоматическими в отличие от автоматизированных систем управления, которые функционируют обязательно с участием человека. Автоматизированные системы управления (АСУ) делят на системы организационно – экономического или административного управления и системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Основной формой управления в АСУ ТП являются различные сигналы, а в системах организационно – экономического управления основная форма управления – документы. Система управления, состояние которой определяется функциями, зависящими от нескольких независимых переменных, в числе которых имеются пространственные координаты, называется системой управления с распределёнными параметрами. Примерами таких функций могут служить поля различной физической природы: электромагнитное, гравитационное, температурное и другие.

Система дискретная детерминированная - детерминированная система, функционирующая в дискретном времени и определяющаяся дискретными состояниями. Дискретность времени означает, что изменения

состояния системы могут происходить в моменты времени, образующие дискретное множество. Дискретность состояний указывает на дискретность значений всех свойств системы.

Технические устройства дискретного действия, имеющие конечное множество состояний, называют конечными автоматами, перерабатывающими дискретную информацию и меняющими свои внутренние состояния лишь в допустимые моменты времени.

Одной из форм представления дискретных детерминированных систем являются *диаграммы причинно-следственных отношений*. Они позволяют ориентировочно оценивать и сравнивать различные альтернативные варианты моделирования систем.

Система управляющая (устройство управления) сравнивает информацию о текущем (фактическом) и желаемом состоянии управляемой системы, оценивает их рассогласование и вырабатывает управляющее воздействие, обеспечивающее достижение цели управления – переход управляемой системы в желаемое состояние.

Система управляемая - то, на что направлено действие управляющей системы. Основная особенность управляемой системы состоит в том, что в системе имеются свободные функции, которые можно использовать для достижения целей управления.

Системность - подчинённость цели взаимосвязанных частей системы, целенаправленная, взаимосвязанная последовательность действий, направленная на достижение определённой цели.

Системность познания – расчленение сложной проблемы на взаимосвязанную совокупность простых задач и после их решения объединение результатов в одно целое.

Системный анализ – совокупность методов, используемых для обоснования решений по сложным проблемам. Эта совокупность включает не только формальные математические методы, но и *эвристические, экспертные и эмпирические* методы. Основные процедуры (операции) системного анализа – *декомпозиция* и *агрегирование*. Иногда говорят, что системный анализ – это технология перехода от неформальных задач к формальным.

Системотехника – направление в *кибернетике*, изучающее вопросы проектирования, конструирования и поведения сложных систем. Главным, фундаментальным принципом системотехники является принцип максимума эффективности. Критерием эффективности может служить отношение или разность между ценностью результатов, получаемых в результате функционирования системы, и затратами на её создание. Оценка эффективности осуществляется методами *исследования операций*. В системотехнике сформулирован наиболее целесообразный порядок проектирования систем. На первом этапе формулируются цели создания системы, определяются её критерии эффективности, устанавливаются главные задачи. На втором этапе разрабатываются модели процессов, протекающих в системе в целом. На третьем этапе разрабатываются схемы информационного обеспечения системы в целом и определяются лица, принимающие решения. На

четвёртом этапе на основе *принципа максимума эффективности* осуществляется выбор оптимальной структуры системы, и согласуются схемы информационного обеспечения с возможностями технических средств. На пятом этапе выполняется детальная разработка системы на базе принятой структуры.

Слабо формализованные задачи – задачи, математическое описание которых оказывается либо невозможным, либо просто плохим. Формализация предполагает построение некоторой структуры с целью логического описания и понимания формализуемого объекта. Поэтому плохо формализуемыми являются аморфные, слабо структурированные явления. Например, плохо формализуемыми являются задачи определения элементарности частей системы или определения границ между подсистемами. Причинами плохой формализуемости может служить сложность объекта, недостаток знаний о нём, наличие интуитивно оцениваемых показателей и т.д.

Случайная функция – функция произвольного аргумента t (чаще всего времени), значения которой определяются по результатам опыта и, в зависимости от его исхода, могут быть различными. Это значит, что для результатов опыта существует некоторое распределение вероятностей. Если t принимает действительные числовые значения, то случайную функцию называют *случайным процессом*.

Случайный процесс с дискретными состояниями – процесс, при котором возможные состояния системы можно перечислить и переход системы из состояния в состояние происходит мгновенно в некоторые моменты времени.

Случайный процесс с дискретным и непрерывным временем – случайный процесс называется *процессом с дискретным временем*, если переходы из состояния в состояние возможны только в заранее фиксированные моменты времени $t_i, (i = 1, 2, \dots)$, и *процессом с непрерывным временем*, если эти моменты случайны и заранее неизвестны.

Случайный стационарный процесс – случайный процесс, статистические характеристики которого не изменяются с течением времени. Понятие случайного стационарного процесса широко используется в приложениях теории вероятностей, так как такие процессы с хорошей точностью описывают многие реальные явления, сопровождающиеся случайными шумами.

Сосредоточенные параметры – функции нескольких переменных, зависящих только от времени и не зависящих от пространственных координат объекта. К сосредоточенным параметрам относятся, например, масса тела, ёмкость конденсатора, углы между направлениями и т.д.

Состояние объекта – одно из важнейших его свойств. Оно является функцией времени и может изменяться в результате внешних воздействий на объект или внутренних процессов. Для описания состояния объекта в фиксированный момент времени в рамках заданной модели необходимо указать значения всех его характеристик в этот же момент времени. Возможность

решения этой задачи зависит от изученности объекта, наличия или отсутствия неопределённостей в исходных данных, их качества и количества и т.д.

Спектральная плотность – преобразование Фурье ковариационной функции случайного стационарного процесса.

Способы оценки полезности стратегий - это средство для сравнения различных стратегий. Существует много различных способов сравнения и оценки стратегий. Наиболее распространёнными являются сравнение стратегий по значению некоторого критерия или системы критериев, язык бинарных отношений, основанный на сравнении всевозможных пар стратегий, и язык функций выбора.

Определение значения критерия, для какой-либо стратегии является числовой оценкой её пригодности для достижения цели. Обычно для оценки стратегий используют несколько критериев, дополняющих друг друга и усиливающих адекватность стратегии относительно достижения цели. Правильно выбранная система критериев позволяет согласовать наличие имеющихся ресурсов с потребностью разрешения проблемы и ограничениями, которые накладывает окружающая среда. При решении задач оптимизации часто все критерии связываются в один критерий, который и используется для оценки меры общей полезности стратегии.

При использовании языка бинарных отношений отдельная альтернатива не оценивается, а для каждой пары альтернатив на основании отношений эквивалентности, порядка и доминирования устанавливается, какая из них предпочтительнее, и худшая альтернатива отбрасывается.

Стабильность системы – способность системы восстанавливать и поддерживать устойчивое состояние.

Стационарность – функциональное свойство объекта, характеризующее устойчивость, неизменность, независимость от времени его *состояний*.

Стационарный поток событий - Поток событий, в котором вероятность попадания некоторого числа событий на участок времени длиной τ зависит только от длины участка и не зависит от того, где именно на оси времени расположен этот участок. Стационарность потока означает его однородность по времени: вероятностные характеристики такого потока не зависят от времени. В частности, так называемая *интенсивность* (или плотность) потока событий для стационарного потока постоянна на всём рассматриваемом промежутке времени. Большинство физических процессов, которые рассматриваются как стационарные, в действительности стационарны лишь на ограниченном участке времени, а распространение этого участка до бесконечности лишь удобный приём для упрощения.

Стохастичность – случайность, один из вариантов объективной связи объектов, определяемой внешними для данного объекта причинами и характеризующей внешние неустойчивые формы развития.

Стратегия – один из возможных вариантов *выбора* в задачах принятия решений; искусство руководства, основанного на правильных прогнозах

Стратегии достижения целей - возможные варианты получения результата. Для их определения используют формальные методы и

неформальные процедуры. К формальным методам определения стратегий относятся математические методы, изучение специальной литературы, изучение опыта решения сходных проблем в других областях и другие. Неформальные процедуры определения стратегий основаны на опыте и интуиции человека. К таким процедурам относятся *экспертные методы, эвристические методы, метод мозгового штурма*, и т.д. Часто формальные и неформальные методы определения стратегий используются совместно.

Стратегия чистая в игровых задачах – любое из доступных для игрока действий, предусмотренных правилами игры.

Стратегия смешанная в игровых задачах – стратегия, состоящая в случайном выборе игроком одной из своих чистых стратегий.

Стратегии оптимальные в матричной игре – стратегии, соответствующие седловой точке. Отклонение одним из игроков от оптимальной стратегии не выгодно, так как или уменьшает выигрыш, или увеличивает проигрыш.

Структура системы – 1) это совокупность её элементов и связей между ними, которые определяются функциями и целями, стоящими перед системой; 2) это сеть взаимосвязей между частями системы, которая приводит к появлению свойств системы, отсутствующих у всех и каждой части системы в отдельности.

Сложность реальных объектов порождает разнообразие структур. Среди этого многообразия выделяют *линейные, иерархические (древовидные), матричные и сетевые структуры*. В перечисленных видах структур в той или иной мере сохраняется неравноправность (подчинённость) элементарных объектов. Однако существуют структуры, в которых в принципе невозможно установить приоритет того или иного элемента. Такие структуры возникают, например, при моделировании конфликтных ситуаций в экономике, экологии и т. д.

Структуры иерархические – структуры, в которых элементарные объекты объединяются в группы, между которыми устанавливается соподчинённость, как в линейных структурах, но связи между элементарными объектами одной группы, как правило, запрещены, хотя допускаются и исключения, все элементы данной группы связаны только с одним элементом предшествующей группы.

Структурная избыточность системы – включение в систему числа элементов и подсистем большего, чем это требуется по сравнению с минимальным значением, необходимым для достижения цели, и установление дополнительных связей между элементами и подсистемами.

Структура информационной системы (ИС) – это совокупность её элементов и связей между ними, которые определяются функциями и целями, стоящими перед системой. Структура наглядно изображает, как устроен объект, – из каких частей он состоит и как эти части связаны друг с другом. Одной из математических моделей структуры служит *граф*. Вершины графа отождествляются с элементами системы, а дуги и рёбра – со связями между элементами. В любой **ИС** выделяют части, предназначенные для выполнения

определённых функций. Их называют подсистемами. В любой *ИС* имеются следующие подсистемы: информационного обеспечения – совокупность сведений необходимых для функционирования *ИС* и представленных в стандартном, унифицированном виде; технического обеспечения – комплекс технических средств, предназначенных для функционирования *ИС*, математического и программного обеспечения – математические модели, алгоритмы и программы, с помощью которых реализуются цели и задачи *ИС*, организационного обеспечения – методы и средства взаимодействия людей с техническими средствами и между собой при создании и эксплуатации *ИС*, правового обеспечения – система правовых норм, определяющих создание, юридический статус и функционирование *ИС*, регламентирующих порядок получения, преобразования и использования информации.

Структура линейная - устанавливает связь (обмен информацией) между элементарными объектами в заданной последовательности, подчинённость последующего элемента предшествующему элементу.

Структура матричная - отношения между элементарными объектами, которые могут быть представлены таблицами. Такие структуры широко используются в *реляционных базах данных*.

Структуры сетевые - обобщение иерархических структур. Они допускают произвольные связи между элементарными объектами, и каждый элементарный объект может подчиняться (зависеть) нескольким элементарным объектам.

Структурная схема системы – наиболее подробная и полная формальная модель системы. В ней объединены модель “чёрного ящика”, модель состава и модель структуры. В литературе её называют, “белый ящик”, “прозрачный ящик”. В ней отображаются элементный состав системы, все связи между элементами внутри системы и связи определённых элементов с окружающей средой. Математическая модель структурной схемы – *граф*.

Субоптимизация Парето-оптимального решения - из множества критериев выбирается один, наиболее важный, а по остальным назначаются ограничения. В качестве оптимального принимается решение, оптимальное по выбранному критерию при условии выполнения всех ограничений по остальным критериям. В результате применения этой процедуры задача многокритериальной оптимизации сводится к задаче однокритериальной оптимизации на суженном допустимом множестве. Выбор наиболее значимого критерия и назначение ограничений остальных критериев носит субъективный характер.

Схема эквивалентная - по своим свойствам эквивалентна некоторому реальному устройству и наглядно отражает сущность процессов в нём. Ярким примером может служить блок – схема программы или блок – схема конструкции какого-либо объекта. Она представляет графическое изображение набора операционных элементов модели, характеризующихся определённой математической зависимостью между переменными на выходе и входе. Поэтому математическое описание эквивалентной схемы тождественно математическому описанию моделируемого объекта.

Сценарий - воображаемая, но правдоподобная последовательность действий и вытекающих из них событий, которые могут произойти в будущем с исследуемой системой; модель будущего после принятия решения, представленная до его принятия.

Тезаурус – словарь, отражающий *семантические* (смысловые) связи между словами или другими смысловыми элементами данного языка. Состоит из двух частей: списка слов и устойчивых словосочетаний, сгруппированных по смысловым рубрикам, и “ключа” – алфавитного словаря, где для каждого слова указаны соответствующие рубрики. Тезаурус применяется для установления семантического соответствия запроса и документов при автоматизированном информационном поиске и семантическом анализе текстов. При более широкой трактовке тезауруса, как приёмника семантической информации, в него включаются сложные высказывания и их семантические связи. Объём информации, полученной тезаурусом из данного сообщения, характеризуется степенью изменения тезауруса под действием данного сообщения. Эта величина характеризует как новизну поступившей информации, так и способность тезауруса к её “пониманию”. Можно говорить о тезаурусе коллектива, характеризующем информационную общность данного коллектива, о тезаурусе, характеризующем уровень описания системы знаний некоторой науки и т.д. Традиционные общеязыковые тезаурусы существуют для английского, французского и др. языков. Имеется ряд тезаурусов составленных специально для информационно-поисковых систем. К тезаурусам близки одноязычные словари, задающие выражения основных семантических параметров каждого слова.

Теоретический системный анализ - это разработка и системный анализ моделей исследуемых систем. На этих моделях выполняется вычислительный эксперимент, по результатам которого выявляются закономерности взаимодействия этих систем между собой и с окружающей средой, осуществляется прогноз их эволюции, оцениваются допустимые границы изменения их структурных и функциональных параметров, проверяются полученные результаты на новизну и достоверность. Завершается теоретический системный анализ выбором (принятием решения) стратегии разрешения проблемы.

Теория систем – область науки, занимающаяся изучением систем с целью выявления их общих характеристик, *классификации* и *принципов организации*.

Теория игр – математическая теория решения *задач конкуренции* (разрешения конфликтных ситуаций). Цель этой теории состоит в определении рационального поведения участников конфликта. Для этого реальная конфликтная ситуация схематизируется, идеализируется, так что приобретает характер игры, которая ведётся по вполне определённым правилам и заканчивается победой (выигрышем) одного из игроков.

Тестирование системы - оценка модели по сформулированным критериям.

Технология – это процесс, т.е. определённая совокупность действий, направленных на достижение поставленной цели. Он определяется выбранной человеком стратегией и реализуется различными средствами и методами.

Технология информационная – процесс получения и преобразования исходных данных с целью получения информации нового качества о состоянии объекта, явно не содержащейся в этих данных. Цель информационной технологии – получение информации для её анализа человеком и принятия на его основе решения. Информационная технология должна включать весь набор средств, необходимых для достижения поставленной цели; обеспечивать возможность расчленения процесса обработки информации на отдельные части, этапы; операции технологического процесса должны быть максимально унифицированы. Конечная цель информационной технологии – это автоматизация перевода формулировки задачи с предметного уровня на математический и с математического на программный. Для этого ЭВМ должна иметь "интеллектуальный интерфейс", содержащий *базу знаний*. В базе знаний накапливаются новые факты, теории, методы расчёта, алгоритмы, программы и т.д., на основании которых специальная система (*искусственный интеллект*) обосновывает и выдаёт рекомендации по применению этой информации.

Точка равновесия — точка в пространстве состояний системы. Это одна из стационарных точек функции, описывающей поведение системы. Все частные производные функции в этой точке обращаются в нуль.

Точность вычислительного алгоритма – свойство вычислительного алгоритма, характеризующее погрешности преобразования массива входных данных в массив выходных данных. Эти погрешности обусловлены *погрешностями модели, погрешностями аппроксимации абстрактного алгоритма вычислительным алгоритмом, погрешностями входных данных и погрешностями округления при представлении чисел в компьютере.*

Трактбельность модели – это реализуемость модели в рамках принятых ресурсных ограничений.

Унификация соизмеримости критериев – приведение критериев, выраженных в разнородных единицах к стандартной мере эффективности. Методика решения этой задачи состоит в следующем. Выбирается наиболее важный критерий и мера эффективности этого критерия принимается в качестве стандартной. Чтобы выразить меру эффективности других критериев через стандартную меру, на плоскости строим график, на котором стандартная мера эффективности отображается по оси абсцисс, а мера эффективности другого критерия – по оси ординат. На основании или имеющегося опыта, или экспертных оценок определяют эквивалентные значения рассматриваемых критериев эффективности, и соответствующие точки используют для построения графика, который используется для определения значений критерия в стандартной мере.

Управление – целенаправленное воздействие на систему, обеспечивающее её устойчивое состояние или переход в заданное состояние.

Уравнения Колмогорова для определения вероятности состояния системы как функции времени – система линейных дифференциальных

уравнений с постоянными или переменными коэффициентами, связывающая скорость изменения вероятности состояний системы с плотностью вероятности изменения состояния и вероятностями возможных состояний системы.

Условия физической реализуемости математических моделей – условия и ограничения, которые должны быть наложены на модель, чтобы соблюдался *принцип причинности*.

Устойчивость вычислительного алгоритма – свойство, позволяющее судить о скорости накопления суммарной вычислительной погрешности. Оно определяется структурой абстрактного алгоритма и влиянием ошибок округления. Чем выше устойчивость абстрактного алгоритма, тем меньше результаты вычислений зависят от выбора компьютера.

Устойчивость системы – способность системы, находящейся в некотором состоянии, возвращаться в это состояние после незначительных отклонений от него. Условия, при которых система находится в устойчивом состоянии, называют критериями устойчивости.

Управление запасами – задача исследования операций, связанная с накоплением, выдачей и пополнением запасов, необходимых для эффективного функционирования системы. Отсутствие запасов или их избыточность приводят к снижению эффективности функционирования системы. Поэтому формулируется задача оптимизации режима работы системы управления запасами: определения наиболее рационального количества запасов, наиболее эффективной стратегии их пополнения и расходования.

Фазовые координаты – численные значения свойств объекта, характеризующие его *фазовое состояние*.

Фазовое пространство – пространство состояний. Фазовое пространство – пространство всех состояний системы, так что каждому возможному состоянию системы соответствует точка фазового пространства. Сущность понятия фазового пространства заключается в том, что состояние сколь угодно сложной системы представляется в нём одной единственной точкой, а эволюция этой системы — перемещением этой точки.

Фазовое состояние объекта – состояние объекта в фиксированный момент времени.

Фазовая траектория – линия, отображающая эволюцию состояния объекта в *фазовом пространстве*.

Факт – сведения, фиксирующие эмпирические данные; *знания*, достоверность которых доказана.

Формализация – представление какой-либо содержательной области знания в виде формальной системы. Формализация предполагает построение некоторой структуры с целью логического описания и понимания формализуемого объекта. Например, математическая модель системы является результатом формализации описания системы с соответствующей целям моделирования степенью приближения к действительности. Например, формулы, описывающие физические процессы, — это формализация этих процессов; радиосхема электронного устройства — это формализация

функционирования этого устройства; ноты, записанные на нотном листе, — это формализация музыки и т.п.

Формальные модели систем – модели, в которых отображаются формальные наиболее общие свойства систем. Они не имеют конкретного содержания, но облегчают построение содержательной модели системы. Принципиально формальные различные модели систем – это *модель “чёрного ящика”*, *модель состава*, *модель структуры* и их различные комбинации, например, *структурная схема системы*.

Формы представления математических моделей – способ описания или представления математической модели. Различают аналитическую, алгоритмическую, цифровую и графическую формы.

Функциональное описание системы определяет роль и значение системы по отношению к другим системам и внешней среде. Функциональное описание необходимо для создания модели функционирования системы, позволяющей предсказывать изменение свойств системы во времени, и анализа функциональной целостности системы.

Функциональная целостность системы проявляется в её способности к достижению цели при возникновении различного рода помех и возмущений. Для этого в системе необходимо предусматривать средства, обеспечивающие корректировку и сглаживание возмущений. Функциональную целостность системы удобно анализировать с помощью функционального графа системы, вершинами которого служат элементы структуры, где указывают функции, выполняемые элементами структуры, а дуги определяют порядок их реализации. Анализ функционального графа системы может выявить элементы структуры существенные для функциональной целостности системы. Функциональное описание системы основывается на следующих положениях.

1. Любая система функционирует во времени, взаимодействует с внешней средой и находится в одном из возможных состояний. В начальный момент $t = t_0$ система находится в начальном состоянии $S(t_0)$.

2. Состояние системы в фиксированный момент времени определяется предшествующими состояниями и входными (из внешней среды) сигналами, поступившими в данный момент и ранее.

3. Состояния системы и входные сигналы, относящиеся к данному и предшествующим моментам, определяют выходной сигнал системы.

Функциональные сети – диаграммы влияния (графы), в которых используется дополнительная информация в узлах и дугах или рёбрах. Это позволяет объединять логические и графические способы представления моделируемых систем и моделировать циклические и параллельные детерминированные и стохастические процессы.

Функция критериальная - функция от обозначения альтернатив, значения которой упорядочены в том же порядке, что и предпочтения альтернатив.

Функция потерь - потери, которые вынужден нести ЛПР, из-за ошибочности принятого решения.

Функция принадлежности - функция, характеризующая расплывчатое множество и принимающая для каждой альтернативы значение из интервала $[0, 1]$, выражающее степень принадлежности данного элемента этому расплывчатому множеству.

Функция решающая – совокупность правил принятия решений по имеющимся данным.

Функция целевая - функция, оценивающая меру достижения цели для каждого результата решения.

Цели, достижение которых необходимо для принятия решения – результаты, на основании которых ЛПР может сделать наиболее полезный с его точки зрения выбор. Правильно наметить цели удаётся не всегда и не сразу, они также могут изменяться со временем и при необходимости заменяться другими. Чтобы предвидеть возникновение новых проблем, в список целей включают не только желаемые (полезные), но и нежелательные (вредные) по своим последствиям цели, а также ранее достигнутые цели, которые необходимо сохранить в будущем.

Цель – результат, достижение которого разрешает *проблему*.

Цель субъективная – желаемый, планируемый результат; образ того, что хотелось бы достигнуть.

Цель объективная – будущее реальное состояние, которое возникает в результате реализации естественных объективных закономерностей.

Цена игры верхняя – наименьший из максимальных проигрышей (минимакс) в матричной игре.

Цена игры нижняя – максимальный из минимальных выигрышей (максимин) в матричной игре.

Цена игры – определяется из равенства верхней и нижней цены игры. В общем случае цена игры не меньше нижней цены и не больше верхней цены.

Цифровая форма математической модели - это упорядоченный набор чисел и *алгоритм*, который данному набору чисел ставит в соответствие функцию F , представляющую исходный объект в соответствии с критериями качества моделирования. Примером цифровой модели служит цифровая модель рельефа, состоящая из последовательности отметок точек, отделённых друг от друга конечными интервалами, и алгоритмов аппроксимации этой информации.

Численные методы реализации математических моделей применяются, когда получить результат аналитическим методом или невозможно, или когда для получения результата необходимы неоправданно большие ресурсы. При этом все непрерывные функции и аргументы аналитической модели заменяются их дискретными аналогами. Вследствие этого численные методы дают приближённое решение задачи, точность которого зависит от погрешностей преобразования исходных аналитических зависимостей в моделирующий алгоритм, точности представления исходных данных, точности «машинной» арифметики и т.д. Численные методы реализации математических моделей включают три основных раздела. Первый - анализ математических моделей, второй – разработка методов и алгоритмов

решения, возникающих задач, и третий – организация взаимодействия человека и компьютера.

Шкалы измерительные - множество обозначений, используемых для регистрации состояния наблюдаемого объекта.

Эволюция – представление об изменениях в системе, их направленности и закономерностях. Состояние системы рассматривается как результат изменений её предшествующих состояний. В неживых системах эволюция определяется законами неживой природы (отсутствуют обратные связи), среди которых определяющее значение имеют законы сохранения. В живых и общественных системах эволюция определяется их приспособляемостью к изменяющимся условиям существования. Приспособляемость основывается на возможности систем к изменчивости, отборе и наследовании тех изменений, которые обеспечивают сохранение гомеостаза системы наиболее полезным образом.

Эвристические методы – методы системного анализа, используемые в процессе открытия нового, например, догадки, основанные на опыте решения родственных задач, или некоторые приёмы, позволяющие сокращать количество просматриваемых вариантов при решении задач, но не гарантирующие получение наилучшего *решения*. Эвристические методы, например, используются при игре в шахматы. В принципе вся целенаправленная деятельность людей является эвристической, так как формальные правила для наилучших в некотором смысле действий почти всегда неизвестны.

Экспертные методы – методы системного анализа, которые базируются на мнении экспертов – специалистов в области науки, техники или искусства. Экспертные методы делятся на индивидуальные и коллективные. К индивидуальным методам относятся аналитические методы и методы типа “интервью”. Аналитический метод основан на самостоятельном анализе проблемы экспертом по заранее разработанной схеме с целью выявления возможных вариантов решения проблемы. Метод типа “интервью” состоит в ответах на поставленные вопросы по исследуемой проблеме. Коллективные методы позволяют повысить надёжность принимаемых решений. Они основаны на коллективном обсуждении проблемы с целью выработки общей позиции. Примером коллективного метода может служить метод “*мозгового штурма*”, “*дельфийский метод*” и другие.

Экономичность вычислительного алгоритма – свойство вычислительного алгоритма, определяемое временем работы компьютера, необходимым для получения результатов вычислений с заданной точностью.

Элемент системы - это условно неделимая часть системы.

Эмерджентность – свойство системы, возникающее благодаря взаимодействию частей (подсистем) системы и существующее пока существует система. Этим свойством не обладает ни один из элементов системы в отдельности. При удалении из системы какой-то её части система теряет некоторые свойства (становится другой системой). Часть, изъятая из системы, тоже теряет свойства, которые проявлялись в результате её взаимодействия с

другими частями. 1) Особенность систем, состоящая в том, что свойства системы не сводятся к совокупности свойств частей, из которых она состоит, и не выводятся из них; 2) внутренняя целостность систем.

Эмпирические методы системного анализа – методы, основанные на результатах физических и *вычислительных* экспериментов.

Эмпирический системный анализ – первый этап системного анализа (СА), направленный на понимание того, как система достигает своих целей. На этапе эмпирического СА необходимо получить сведения о прошлом системы, её настоящем и собрать информацию о поведении подобных систем в подобных ситуациях. Какие же задачи решаются на этапе эмпирического СА? Прежде всего, необходимо найти общие закономерности (если таковые имеются) в поведении аналогичных систем в подобных условиях. Ясно, что существуют закономерности хорошо изученные, например, закономерности механического движения, но существуют и мало изученные закономерности, например в экономике, геофизике и других областях знания. Далее необходимо выявить, в чём наблюдается несоответствие требований, предъявляемых к системе, её объективным возможностям, т. е. выявить противоречия в системе и предварительно сформулировать (наметить) цели СА.

Процедура эмпирического системного анализа имеет итеративный характер, к ней нередко приходится возвращаться при выполнении последующих этапов системного анализа. Плохо организованный и выполненный эмпирический системный анализ приводит к ошибочности всего процесса системного анализа.

Завершается эмпирический системный анализ, на основании полученной информации, формированием представления о том, каким образом может быть достигнута цель системного анализа, т. е. созданием так называемой *когнитивной модели* системы.

Энтропия – мера количества информации; в теории информации это мера неопределённости случайного объекта. Если задано конечное множество $\{x_i\}$, $i = \overline{1, n}$ значений случайной величины ξ с распределением вероятностей

$\{p_i\}$, то энтропией случайной величины ξ называется величина $H = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i$.

Основание логарифма определяет единицу измерения величины H . В теории информации принята единица измерения бит, соответствующая значению $n = 2$. При этом $H(\xi) = -p \cdot \log p - (1-p) \cdot \log(1-p)$, где p - вероятность одного из двух значений случайной величины ξ .

Эргодичность - это совпадение результатов усреднения по любой реализации случайного процесса.

Язык графов - широко используется при создании и описании различных математических моделей систем в экономике, биологии и т. д. При этом объект моделирования рассматривается как множество элементарных объектов, между которыми имеются некоторые зависимости. Элементарные объекты интерпретируются как точки, а связи (зависимости) между ними – как линии. Объект, состоящий из двух множеств (множества точек и множества линий),

которые между собой находятся в некотором отношении, называют графом. Множество точек графа называют множеством вершин, а линии, соединяющие пары вершин, - множеством рёбер (направление связи между вершинами безразлично) или множеством дуг (направление соединения вершин имеет значение). Пара вершин может быть соединена любым количеством рёбер; вершина может быть соединена сама с собой (петля). Простейшими примерами графов могут служить структурные схемы, маршрутные схемы, и т.д.

Языки программирования - формальные языки связи человека с компьютером, предназначенные для описания данных (информации) и алгоритмов (программ) их обработки на компьютере. Языки программирования задаются своим синтаксисом и семантикой – множеством правил, определяющих, какой вид фраз можно использовать для задания программ и каково их операционное назначение. Теоретическую основу языков программирования составляют *алгоритмические языки*. Существующие в настоящее время языки программирования делят на *машинно-ориентированные*, *процедурно-ориентированные* и *проблемно-ориентированные*. Языки программирования относят к классу символических моделей.

Языки моделирования - особый класс процедурно-ориентированных языков. Они подразделяются на *языки моделирования дискретных и непрерывных систем*. Эти языки представляют математический аппарат для формального определения динамических систем, состояние которых изменяется во времени под действием внешних факторов (влияние внешней среды) и внутреннего состояния, определяемого законами динамики системы.

Языки моделирования дискретных систем - содержат списки событий, формируемые в ходе эволюции системы. Это значит, что система рассматривается как одна из множества конкурирующих систем, число которых может изменяться во времени (например, число претендентов на обслуживание). Отдельные процессы в ходе эволюции системы могут активироваться и деактивироваться, приостанавливаться и завершаться. Для всех элементов, находящихся в системе, данные рассматриваются как существующие параллельно. При возникновении конфликтных ситуаций (несовместимые требования двух разных процессов к одному и тому же объекту), используется либо некоторый аппарат очередей (с приоритетами или без них), либо выдаётся сообщение, по которому человек должен принять решение.

Языки моделирования непрерывных систем – используются для составления уравнений, связывающих эндогенные (внутренние) и экзогенные (внешними) переменные модели. Примером здесь может служить использование различного рода уравнений, которые позволяют непосредственно получать характеристики системы. Когда при моделировании используются и дискретные и непрерывные переменные, то такое моделирование называется смешанным. Предполагается, что в системе могут наступать события двух типов: события, зависящие от состояния s_j ; события,

зависящие от времени t_i . События первого типа наступают в результате выполнения условий, относящихся к законам изменения непрерывных переменных. Моделирование событий второго типа состоит в продвижении системного времени от момента наступления события до следующего аналогичного момента. События приводят к изменениям состояния модели системы и законов изменения непрерывных компонент.

Список литературы

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука. 1976. 279с.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций. - М.: Сов. радио. 1972. - 522с.
3. Вовк И.Г. Введение в математическое моделирование: Учебное пособие. Новосибирск: СГГА, 1997. 45с.
4. Вовк И.Г. Системный анализ и моделирование процессов в техносфере : Словарь. Новосибирск: НГИ, 2004. 42с.
5. Вовк И.Г. Математическое моделирование экономических систем. (Системный анализ и принятие решений): Модульный курс – Новосибирск НГИ, 2008. – 60с.
6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. - М.: Наука, 1970. 720с.
7. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. Введение в информатику с позиций математического моделирования /Авт. пред. А.А. Самарский. - М.: Наука, 1988. - 176 с.
8. Математическая энциклопедия/ Гл. ред. И.М.Виноградов, Т1-5.-М.: Сов. энцикл., 1982г.
9. Моисеев Н.Н. Математика ставит эксперимент. - М.: Наука, 1979. - 224с.
10. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М.: Наука, 1981. 488с.
11. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа: Учеб.2-е изд., доп.- Томск: Изд-во НТЛ, 1997. – 396с.: ил.
12. Советский энциклопедический словарь/ Гл. ред. А.М. Прохоров. – 4-изд. – М.: Сов. Энциклопедия, 1989. – 1632с., ил.
13. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем: учеб. Для вузов – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001.- 343с., ил.
14. Чуев Ю.В. и др. Прогнозирование количественных характеристик процессов. М., «Сов. радио», 1975. – 400 с.: ил.
15. Энциклопедия кибернетики. - Киев: Гл. ред. Укр. сов. энцикл. 1975. Т.1. 607с., Т.2. 622с. Т.2