

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ФЕРГАНСКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Факультет «Компьютер инжиниринг»

Кафедра «Компьютерные системы»



Конспекты лекций

По предмету:

ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Конспект лекций для бакалавров направлений образования:

5330500 – Компьютер инжиниринг

5350400 – Профессиональное обучение в сфере ИКТ

Фергана 2014

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СВЯЗИ, ИНФОРМАТИЗАЦИИ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ФЕРГАНСКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Факультет «Компьютер инжиниринг»

Кафедра «Компьютерные системы»

Конспекты лекций

По предмету:

ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Конспект лекций для бакалавров направлений образования:

5330500 – Компьютер инжиниринг

5350400 – Профессиональное обучение в сфере ИКТ

Обсужден на заседании кафедры
протокол № 1 " " августа 2014 г.

Утвержден на методическом совете
филиала протокол № 1 " " августа 2014 г.

Фергана 2014

Разработано на основе лекций по курсу "Основы системного анализа", преподаваемых студентам 5330500 – Компьютер инжиниринг и 5350400 – Профессиональное обучение в сфере ИКТ.

В конспектах лекций рассмотрены основы использования системного анализа в науке, технике, экономике, образовании.

Рассматриваются история развития, системные процедуры и методы, понятия и этапы системного анализа, основные типы и классы систем.

Изложен обзор и классификация новых информационных систем, наиболее актуальных для анализа и моделирования новых информационных технологий.

Составители:

М.В.Лазарева

ЛЕКЦИЯ 1. Введение. Цели предмета. Основные понятия системного анализа

Мефистофель :

*Употребляйте с пользой время.
Учиться надо по системе.
Сперва вам в долг хочу вменить
На курсы логики ходить.
Ваш ум, не тронутый доньше,
На них приучат к дисциплине,
Чтоб взял он направленья ось,
Не разбредаясь вкривь и вкось.*

И.В.Гете. "ФАУСТ", ч.1

Современный специалист с высшим профессиональным техническим образованием должен иметь глубокие экономические знания; хорошо представлять механизм современных экономических, социальных, психологических взаимосвязей, существующих и развивающихся; уметь анализировать социально-экономическое развитие территорий, знать экономические, информационные и техногенные характеристики региона и предприятия; владеть современными и научно-обоснованными методами комплексного исследования социально-экономической жизни и уметь пользоваться результатами для обобщающих выводов и оценок.

Цель курса лекций – дать студентам целостную систему системных методов и материалов для характеристики важнейших системообразующих показателей, их исчисления, моделирования и анализа, выработать у них навыки самостоятельного решения экономико-социальных задач по системному анализу. Это объясняется необходимостью масштабного применения системного управления, так как именно этот вид управления, являясь первоосновой процессов развития, маркетинга, производства, обеспечения безопасности и экологичности, наиболее перспективным.

Таким образом, применение системного анализа является фундаментальным и объективным свойством решений в экономике, предпринимательстве и менеджменте в любой области человеческой деятельности при выполнении любой из присущих этой области функций.

Существует несколько причин, которыми определяется актуальность появления и развития системных исследований:

- ✓ во-первых, все более возрастают масштабы, количество элементов и взаимосвязей подсистем в организационных и социально-технических системах, что ведет к возрастанию сложности объектов управления;
- ✓ во-вторых, рост числа элементов и иерархических уровней обостряют проблему межуровневых и внутриуровневых конфликтов, влияющих на эффективность функционирования;
- ✓ в-третьих, с ростом числа элементов и связей между ними увеличивается неопределенность в знании реальной структуры системы, связанная с влиянием, в частности, человеческого фактора, умышленного или случайного искажений информации;
- ✓ в-четвертых, внешняя среда имеет ярко выраженный динамичный характер вследствие высокой скорости изменений политической, экономической и юридическо-нормативной среды;
- ✓ в-пятых, многоукладность экономики, изменение форм собственности повысили меру ответственности собственника за результаты деятельности;
- ✓ в-шестых, в связи с научно-технической и информационной революциями возрастают темпы морального старения не только основных фондов, но и

применяемых методов управления как производством, так и капиталом, в том числе и человеческим.

В современном обществе системные представления уже достигли такого уровня, что мысль о полезности и важности системного подхода к решению возникающих в практике проблем вышла за рамки специальных научных истин и стала привычной, общепринятой. Широко распространилось понимание того, что наши успехи связаны с тем, что насколько системно мы подходим к решению проблем, а наши неудачи вызваны отступлениями от системности.

Человеческое мышление системно всегда и другим быть не может. Однако системность имеет разные уровни. Сигналом о недостаточной системности существующей деятельности является появление проблемы; разрешение возникшей проблемы осуществляется путем перехода на новый, более высокий уровень системности в нашей деятельности. Поэтому системность не только состояние, сколько процесс.

Человек – активная часть природы. Добиваясь своих целей, он активно использует природу, воздействует на нее, преобразует ее и себя. Если рассматривать практическую деятельность человека, то очевидно, что она системна, так как обладает следующими признаками: структурированность системы, взаимосвязанность составляющих ее частей, подчиненность организации всей системы определенной цели.

Таким образом, природная системность человеческой практики является одним из объективных факторов возникновения и развития системных представлений, понятий и теории.

Рассматривая объективные причины возникновения и факторы развития системных представлений, необходимо отметить объективные особенности человеческого мышления. С этой позиции сам процесс познания представляется системным, и знания, добываемые человечеством, тоже системны. Окружающий нас мир бесконечен в пространстве и во времени, в большом и в малом, вовне и вовнутрь. И все же человеку, с его ограниченными ресурсами, удастся познать мир, и как показывает практика, познать верно. А.Эйнштейн отмечал, что самое удивительное в природе то, что она познаваема. Противоречия между неограниченностью желаний человека познать мир и ограниченностью существующих возможностей сделать это имеют много важных последствий.

Одной из особенностей сознания, которые позволяют постепенно, поэтапно разрешать эти противоречия, - наличие аналитического и синтетического образов мышления. Суть анализа состоит в разделении целого на части, в представлении сложного в виде совокупности более простых компонент. Но чтобы познать целое, сложное, необходим и обратный процесс – синтез.

В процессе синтеза знаний возникают «пограничные науки» типа биохимии, бионики и т.д. Однако другая, более высокая форма синтеза реализуется в виде наук о самых общих свойствах природы (философия, математика, кибернетика, и др.), в которых необходимым образом соединяются технические, естественные и гуманитарные знания.

Системность – не только человеческой практики (включающей и внешнюю активную деятельность, и мышление, и даже пассивное созерцание), но и свойство всей материи. Ведь системность нашего мышления вытекает из системности мира. Современные научные данные позволяют говорить об окружающем мире, о природе, о Вселенной как о бесконечной иерархической системе систем, находящихся в развитии и на разных стадиях развития. Таким образом – системность можно назвать формой существования материи, а известные формы существования (время, пространство, движение, структурированность) представляют собой частные проявления, аспекты системности мира. Взаимосвязи основных элементов системности окружающего мира представлены на рис.1.

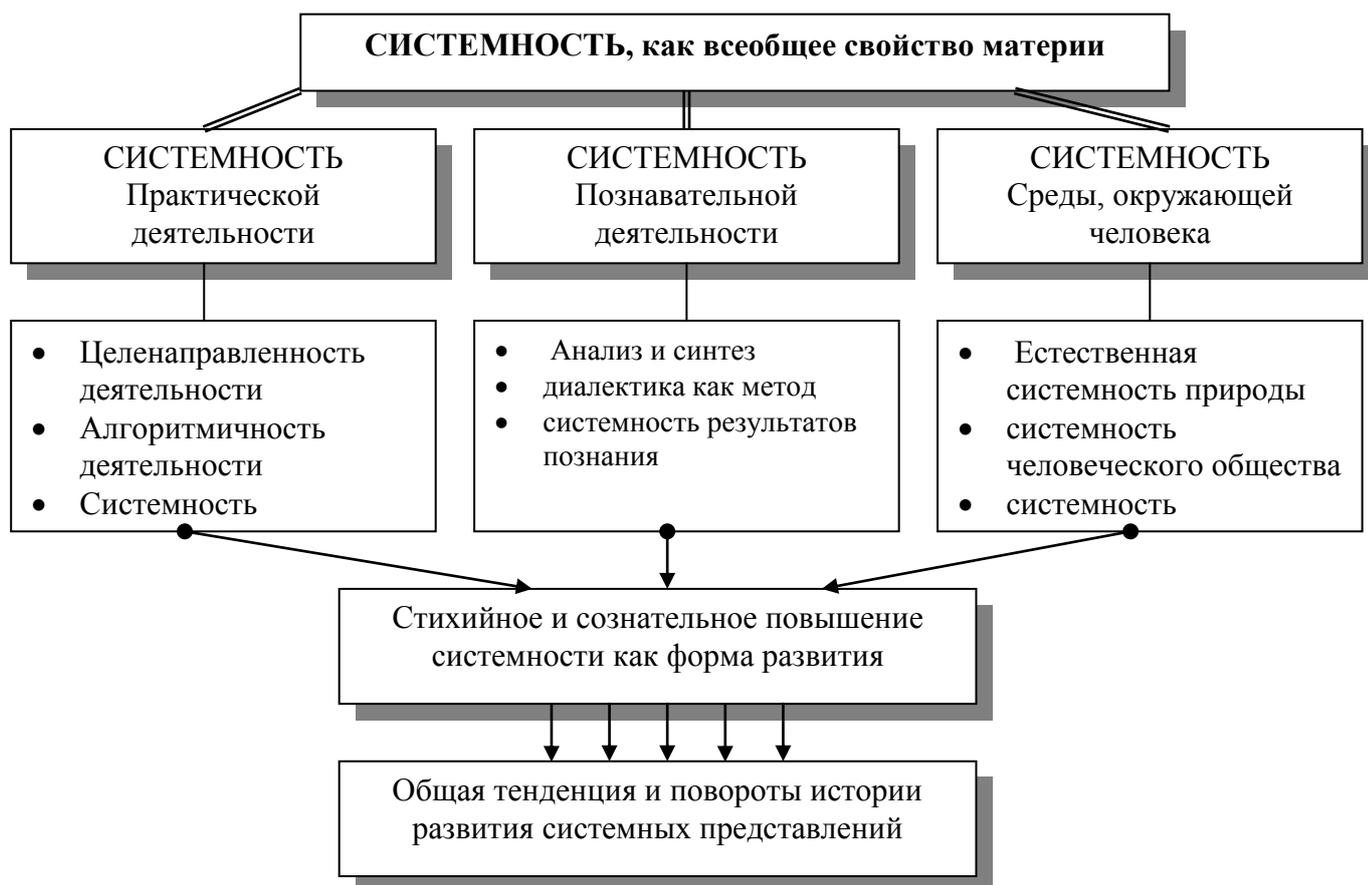


Рис.1. Взаимосвязь основных составляющих системности

Таким образом, наращивание системности знаний – естественный процесс, происходящий во всех областях человеческой деятельности стихийно (как результат обратной связи через практику, как форма развития). Осознание же системности нашего познания и окружающего мира – это более высокий уровень системности знаний, и оно происходит значительно труднее, медленнее, с отставанием, петлянием, т.е. со свойственными процессам поиска качествами. Однако это не бесцельное, хаотическое блуждание, а процесс поиска истины, в котором необходимы задержки и ошибки, но его содержание и смысл не в этих ошибках, а в продвижении к истине.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные системные ресурсы общества?
2. Что характеризует каждый тип ресурсов по отношению к материи?
3. Что такое системный анализ?
4. Что входит в предметную область системного анализа?
5. Каковы основные системные методы и процедуры?

ЛЕКЦИЯ 2. Системы. Понятия «система». Компоненты систем

Определение понятия «система». В настоящее время нет единства в определении понятия «система». В первых определениях в той или иной форме говорилось о том, что система — это элементы и связи (отношения) между ними. Например, основоположник теории систем *Людвиг фон Берталанфи* определял систему как комплекс взаимодействующих элементов или как совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой. *А. Холл* определяет систему как «множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками». Ведутся и в настоящее время дискуссии, какой термин — «отношение» или «связь» — лучше употреблять.

Позднее в определениях системы появляется понятие цели. Так, в «Философском словаре» система определяется как «совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях между собой определенным образом и образующих некоторое целостное единство».

В последнее время в определение понятия системы наряду с элементами, связями и их свойствами и целями начинают включать наблюдателя, хотя впервые на необходимость учета взаимодействия между исследователем и изучаемой системой указал один из основоположников кибернетики *У. Р. Эшби*.

М. Месарович и *Я. Такахага* в книге «Общая теория систем» считают, что система — «формальная взаимосвязь между наблюдаемыми признаками и свойствами».

Таким образом, в зависимости от количества учитываемых факторов и степени абстрактности определение понятия «система» можно представить в следующей символической форме. Каждое определение обозначим буквой *D* (от лат. definitions) и порядковым номером, совпадающим с количеством учитываемых в определении факторов.

D1. Система есть нечто целое:

$$S=A(1,0)$$

Это определение выражает факт существования и целостность. Двоичное суждение $A(1,0)$ отображает наличие или отсутствие этих качеств.

D2. Система есть организованное множество :

$$S = (\text{орг}, M)$$

где орг — оператор организации; *M* — множество.

D3. Система есть множество вещей, свойств и отношений :

$$S = (\{m\}, \{n\}, \{r\})$$

где *m* — вещи, *n* — свойства, *r* — отношения.

D4. Система есть множество элементов, образующих структуру и обеспечивающих определенное поведение в условиях окружающей среды:

$$S = (e, ST, BE, E) \quad (\text{behaviour} - \text{поведение})$$

где *e* — элементы, *ST* — структура, *BE* — поведение, *E* — среда.

D5. Система есть множество входов, множество выходов, множество состояний, характеризуемых оператором переходов и оператором выходов:

$$S = (X, Y, Z, H, G)$$

где *X* — входы, *Y* — выходы, *Z* — состояния, *H* — оператор переходов, *G* — оператор выходов. Это определение учитывает все основные компоненты, рассматриваемые в автоматике.

D6. Это шестичленное определение, как и последующие, трудно сформулировать в словах. Оно соответствует уровню биосистем и учитывает генетическое (родовое) начало *GN*, условия существования *KD*, обменные явления *MB*, развитие *EY*, функционирование *FC* и репродукцию (воспроизведения) *RP*. В общем виде это можно представить следующим образом :

$$S = (GN, KD, MB, EV, FC, RP).$$

D7. Это определение оперирует понятиями модели *F*, связи *SC*, пересчета *R*, самообучения *FL*, самоорганизации *FO*, проводимости связей *CO* и возбуждения моделей *JN*:

$$S = (F, SC, R, FL, FO, CO, JN).$$

Данное определение удобно при нейрокибернетических исследованиях.

D8. Если определение *D5* дополнить фактором времени и функциональными связями, то получим определение системы, которым обычно оперируют в теории автоматического управления:

$$S = (T, X, Y, Z, \Omega, V, \eta, \varphi),$$

где *T* — время, *X* — входы, *Y* — выходы, *Z* — состояния, Ω — класс операторов на выходе, *V* — значения операторов на выходе, η — функциональная связь в уравнении $y(t_2) = \eta[x(t_1), z(t_1), t_2]$, φ — функциональная связь в уравнении $z(t_2) = \varphi[x(t_1), z(t_1), t_2]$.

D9. Для организационных систем удобно в определении системы учитывать следующее:

$$S = (PL, RO, RJ, EX, PR, DT, SV, RD, EF),$$

где *PL* — цели и планы, *RO* — внешние ресурсы, *RJ* — внутренние ресурсы, *EX* — исполнители, *PR* — процесс, *DT* — помехи, *SV* — контроль, *RD* — управление, *EF* — эффект.

Последовательность определений можно продолжить до *DN* ($N = 9, 10, 11, \dots$), в котором учитывалось бы такое количество элементов, связей и действий в реальной системе, которое необходимо для решаемой задачи, для достижения поставленной цели. В качестве «рабочего» определения понятия системы в литературе по теории систем часто рассматривается следующее: **система — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство.**

В соответствии с задачами системного исследования можно выделить два типа определения системы – дескриптивное и конструктивное.

Дескриптивное (описательное) - определение системы через ее свойства, через внешние проявления. Например, ключ – это предмет, легко открывающий замок.

Конструктивное определение – описание через элементы системы, связанные с основным системообразующим фактором – с функцией. В конструктивном плане система рассматривается как единство входа, выхода и процессора (преобразователя), предназначенных для реализации определенной функции.

Далее обзорно и кратко рассмотрены основные понятия, характеризующие строение и функционирование систем, используемые в системном анализе и при использовании системного подхода.

Элемент. Под элементом принято понимать простейшую неделимую часть системы. Ответ на вопрос, что является такой частью, может быть неоднозначным и зависит от цели рассмотрения объекта как системы, от точки зрения на него или от аспекта его изучения. Таким образом, *элемент* — это предел деления системы с точек зрения решения конкретной задачи и поставленной цели. Систему можно разделить на элементы различ-

ными способами в зависимости от цели в процессе исследования.

Подсистема. Система может быть разделена на элементы не сразу, а последовательным делением на подсистемы, которые представляют собой компоненты более крупные, чем элементы, и в то же время более детальные, чем система в целом. Возможность деления системы на подсистемы связана с вычленением совокупностей взаимосвязанных элементов, способных выполнять относительно независимые функции, подцели, направленные на достижение общей цели системы. Названием «подсистема» подчеркивается, что такая часть должна обладать свойствами системы (в частности, свойством целостности). Этим подсистема отличается от простой группы элементов, для которой не сформулирована подцель и не выполняются свойства целостности (для такой группы используется название «компоненты»). Например, подсистемы АСУ, подсистемы пассажирского транспорта крупного города.

Структура. Это понятие происходит от латинского слова *structure*, означающего строение, расположение, порядок. Структура отражает наиболее существенные взаимоотношения между элементами и их группами (компонентами, подсистемами), которые мало меняются при изменениях в системе и обеспечивают существование системы и ее основных свойств. Структура — это совокупность элементов и связей между ними. Структура может быть представлена графически, в виде теоретико-множественных описаний, матриц, графов и других языков моделирования структур.

Структуру часто представляют в виде иерархии. Иерархия — это упорядоченность компонентов по степени важности (многоступенчатость, служебная лестница). Между уровнями иерархической структуры могут существовать взаимоотношения строгого подчинения компонентов (узлов) нижележащего уровня одному из компонентов вышележащего уровня, т. е. отношения так называемого древовидного порядка. Такие иерархии называют сильными или иерархиями типа «дерева». Они имеют ряд особенностей, делающих их удобным средством представления систем управления. Однако могут быть связи и в пределах одного уровня иерархии. Один и тот же узел нижележащего уровня может быть одновременно подчинен нескольким узлам вышележащего уровня. Такие структуры называют *иерархическими* структурами со слабыми связями. Между уровнями иерархической структуры могут существовать и более сложные взаимоотношения, например, типа «страт», «слоев», «эшелонов». Примеры иерархических структур: энергетические системы, АСУ, государственный аппарат.

Связь. Понятие «связь» входит в любое определение системы наряду с понятием «элемент» и обеспечивает возникновение и сохранение структуры и целостных свойств системы. Это понятие характеризует одновременно и строение (статическую), и функционирование (динамическую) системы.

Связь характеризуется направлением, силой и характером (или видом). По первым двум признакам связи можно разделить на направленные и ненаправленные, сильные и слабые, а по характеру — на связи подчинения, генетические, равноправные (или безразличные), связи управления. Связи можно разделить также по месту приложения (внутренние и внешние), по направленности процессов в системе в целом или в отдельных ее подсистемах (прямые и обратные). Связи в конкретных системах могут быть одновременно охарактеризованы несколькими из названных признаков.

Важную роль в системах играет понятие «обратной связи». Это понятие, легко иллюстрируемое на примерах технических устройств, не всегда можно применить в организационных системах. Исследованию этого понятия большое внимание уделяется в кибернетике, в которой изучается возможность перенесения механизмов обратной связи, характерных для объектов одной физической природы, на объекты другой природы. Обратная связь является основой саморегулирования и развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования.

Состояние. Понятием «состояние» обычно характеризуют мгновенную

фотографию, «срез» системы, остановку в ее развитии. Его определяют либо через входные воздействия и выходные сигналы (результаты), либо через макропараметры, макросвойства системы (например, давление, скорость, ускорение — для физических систем; производительность, себестоимость продукции, прибыль — для экономических систем).

Более полно состояние можно определить, если рассмотреть элементы E (или компоненты, функциональные блоки), определяющие состояние, учесть, что «входы» можно разделить на управляющие u и возмущающие x (неконтролируемые) и что «выходы» (выходные результаты, сигналы) зависят от E , и x , т.е. $z_t = f(E_t, u_t, x_t)$. Тогда в зависимости от задачи состояние может быть определено как (E, u) , $\{E, u, z\}$ или $\{E, x, u, z\}$.

Таким образом, состояние — это множество существенных свойств, которыми система обладает в данный момент времени.

Поведение. Если система способна переходить из одного состояния в другое (например, $z_1 \rightarrow z_2 \rightarrow z_3$), то говорят, что она обладает поведением. Этим понятием пользуются, когда неизвестны закономерности переходов из одного состояния в другое. Тогда говорят, что система обладает каким-то поведением и выясняют его закономерности. С учетом введенных выше обозначений поведение можно представить как функцию $z_t = f(z_{t-1}, x_t, u_t)$

Внешняя среда. Под внешней средой понимается множество элементов, которые не входят в систему, но изменение их состояния вызывает изменение поведения системы.

Модель. Под моделью системы понимается описание системы, отображающее определенную группу ее свойств. Углубление описания — детализация модели. Создание модели системы позволяет предсказывать ее поведение в определенном диапазоне условий.

Модель функционирования (поведения) системы — это модель, предсказывающая изменение состояния системы во времени, например: натурные (аналоговые), электрические, машинные на ЭВМ и др.

Равновесие — это способность системы в отсутствие внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранить свое состояние сколь угодно долго.

Устойчивость. Под устойчивостью понимается способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием внешних возмущающих воздействий. Эта способность обычно присуща системам при постоянном m , если только отклонения не превышают некоторого предела.

Состояние равновесия, в которое система способна возвращаться, по аналогии с техническими устройствами называют *устойчивым состоянием равновесия*. Равновесие и устойчивость в экономических и организационных системах — гораздо более сложные понятия, чем в технике, и до недавнего времени ими пользовались только для некоторого предварительного описательного представления о системе. В последнее время появились попытки формализованного отображения этих процессов и в сложных организационных системах, помогающие выявлять параметры, влияющие на их протекание и взаимосвязь.

Развитие. Исследованию процесса развития, соотношения процессов развития и устойчивости, изучению механизмов, лежащих в их основе, уделяют в кибернетике и теории систем большое внимание. Понятие развития помогает объяснить сложные термодинамические и информационные процессы в природе и обществе.

Цель. Применение понятия «цель» и связанных с ним понятий целенаправленности, целеустремленности, целесообразности сдерживается трудностью их однозначного толкования в конкретных условиях. Это связано с тем, что процесс целеобразования и соответствующий ему процесс обоснования целей в организационных системах весьма сложен и не до конца изучен. Его исследованию большое внимание уделяется в психологии, философии, кибернетике. В Большой Советской Энциклопедии цель

определяется как «заранее мыслимый результат сознательной деятельности человека». В практических применениях *цель* — это идеальное устремление, которое позволяет коллективу увидеть перспективы или реальные возможности, обеспечивающие своевременность завершения очередного этапа на пути к идеальным устремлениям.

В настоящее время в связи с усилением программно-целевых принципов в планировании исследованию закономерностей целеобразования и представления целей в конкретных условиях уделяется все больше внимания. Например: энергетическая программа, продовольственная программа, жилищная программа, программа перехода к рыночной экономике.

Контрольные вопросы:

1. Каковы первые определения систем?
2. Как определяется система в символической форме?
3. 2 типа определения системы.
4. Понятие «элемент».
5. Понятия «структура», «связь», «состояние».

ЛЕКЦИЯ 3. Классификация систем

Системы разделяются на классы по различным признакам, и в зависимости от решаемой задачи можно выбрать разные принципы классификации. При этом систему можно охарактеризовать одним или несколькими признаками. Например, чаще всего системы классифицируются следующим образом:

- **по виду научного направления** — математические, физические, химические и т. п.;
- **по виду формализованного аппарата представления** системы— детерминированные и стохастические;
- **по степени организованности**—хорошо организованные, плохо организованные (диффузные), самоорганизующиеся системы.
- **по обусловленности действия** различают системы детерминированные и стохастические (вероятностные). В детерминированной системе элементы взаимодействуют точно предвиденным образом (ЭВМ); поведение стохастической системы можно предсказать лишь с некоторой вероятностью (мозг).
- **по происхождению** различают системы естественные, созданные в ходе естественной эволюции и в целом не подверженные влиянию человека (клетка), и искусственные, созданные под воздействием человека, обусловленные его интересами и целями (машина).
- **по основным элементам** системы могут быть разделены на абстрактные, все элементы которых являются понятиями (языки, философские системы, системы счисления), и конкретные, в которых присутствуют материальные элементы.
- **по взаимодействию со средой** различают системы замкнутые и открытые. Замкнутая система в процессе своего функционирования использует только ту информацию, которая вырабатывается в ней самой (система кондиционирования воздуха в замкнутом объеме). В открытой системе функционирование определяется как внутренней, так и внешней, поступающей на входы, информацией. Большинство изучаемых систем являются открытыми, т.е. они испытывают воздействие среды и реагируют на него и, в свою очередь, оказывают воздействие на среду.
- **по степени сложности** различают простые, сложные и очень сложные системы. *Простые* системы характеризуются небольшим числом элементов, связи между которыми легко поддаются описанию (средства механизации, простейшие организмы). *Сложные* системы состоят из большого числа элементов и характеризуются разветвленной структурой, выполняют более сложные функции. Изменения отдельных элементов и (или) связей влечет за собой изменение многих других элементов. Но все же отдельные конкретные состояния системы могут быть описаны (автоматы, ЭВМ, галактики). *Очень сложные* системы характеризуются большим числом разнообразных элементов, обладают множеством структур, не могут быть полностью описаны (мозг, хозяйство).
- **по естественному разделению** системы делятся на : технические, биологические, социально-экономические. *Технические* – это искусственные системы, созданные человеком (машины, автоматы, системы связи). *Биологические* – различные живые организмы, популяции, биогеоценозы и т.п. *Социально-экономические* – системы существующие в обществе, обусловленные присутствием и деятельностью человека (хозяйство, отрасль, бригада и т.п.).

Объектом изучения системного анализа являются в большинстве своем стохастические открытые сложные и очень сложные системы любого происхождения.

Хорошо организованные системы. Представить анализируемый объект или процесс в виде «хорошо организованной системы» означает определить элементы

системы, их взаимосвязь, правила объединения в более крупные компоненты, т. е. определить связи между всеми компонентами и целями системы, с точки зрения которых рассматривается объект или ради достижения которых создается система. Проблемная ситуация может быть описана в виде математического выражения, связывающего цель со средствами, т. е. в виде критерия эффективности, критерия функционирования системы, который может быть представлен сложным уравнением или системой уравнений. Решение задачи при представлении ее в виде хорошо организованной системы осуществляется аналитическими методами формализованного представления системы.

Примеры хорошо организованных систем: солнечная система, описывающая наиболее существенные закономерности движения планет вокруг Солнца; отображение атома в виде планетарной системы, состоящей из ядра и электронов; описание работы сложного электронного устройства с помощью системы уравнений, учитывающей особенности условий его работы (наличие шумов, нестабильности источников питания и т. п.). Для отображения объекта в виде хорошо организованной системы необходимо выделять существенные и не учитывать относительно несущественные для данной цели рассмотрения компоненты: например, при рассмотрении солнечной системы не учитывать метеориты, астероиды и другие, мелкие по сравнению с планетами элементы межпланетного пространства.

Описание объекта в виде хорошо организованной системы применяется в тех случаях, когда можно предложить детерминированное описание и экспериментально доказать правомерность его применения, адекватность модели реальному процессу. Попытки применить класс хорошо организованных систем для представления сложных многокомпонентных объектов или многокритериальных задач плохо удаются: они требуют недопустимо больших затрат времени, практически нереализуемы и неадекватны применяемым моделям.

Плохо организованные системы. При представлении объекта в виде «плохо организованной или диффузной системы» не ставится задача определить все учитываемые компоненты, их свойства и связи между ними и целями системы. Система характеризуется некоторым набором макропараметров и закономерностями, которые находятся на основе исследования не всего объекта или класса явлений, а на основе определенной с помощью некоторых правил выборки компонентов, характеризующих исследуемый объект или процесс. На основе такого выборочного исследования получают характеристики или закономерности (статистические, экономические) и распространяют их на всю систему в целом. При этом делаются соответствующие оговорки. Например, при получении статистических закономерностей их распространяют на поведение всей системы с некоторой доверительной вероятностью.

Подход к отображению объектов в виде диффузных систем широко применяется при: описании систем массового обслуживания, определении численности штатов на предприятиях и учреждениях, исследовании документальных потоков информации в системах управления и т. д.

Самоорганизующиеся системы. Отображение объекта в виде самоорганизующейся системы — это подход, позволяющий исследовать наименее изученные объекты и процессы. Самоорганизующиеся системы обладают признаками диффузных систем: стохастичностью поведения, нестационарностью отдельных параметров и процессов. К этому добавляются такие признаки, как непредсказуемость поведения; способность адаптироваться к изменяющимся условиям среды, изменять структуру при взаимодействии системы со средой, сохраняя при этом свойства целостности; способность формировать возможные варианты поведения и выбирать из них наилучший и др. Иногда этот класс разбивают на подклассы, выделяя адаптивные или самоприспосабливающиеся системы, самовосстанавливающиеся, самовоспроизводящиеся и другие подклассы, соответствующие различным свойствам развивающихся систем. Примеры: биологические организации, коллективное поведение людей, организация управления на уровне

предприятия, отрасли, государства в целом, т.е. в тех системах, где обязательно имеется человеческий фактор.

При применении отображения объекта в виде самоорганизующейся системы задачи определения целей и выбора средств, к; правило, разделяются. При этом задача выбора целей может быть, в свою очередь, описана в виде самоорганизующейся системы, т. е. структура функциональной части АСУ, структура целей плана может разбиваться так же, как и структура обеспечивающей части АСУ (комплекс технических средств АСУ) или организационная структура системы управления.

Большинство примеров применения системного анализа основано на представлении объектов в виде самоорганизующихся систем.

Контрольные вопросы:

1. Как разделяют системы на классы?
2. Приведите примеры чаще всего используемых классов
3. Что такое хорошо организованные системы?
4. Закономерности плохо организованных систем.
5. Понятие самоорганизующихся систем.

ЛЕКЦИЯ 4. Большие системы

Определение большой системы. Существует ряд подходов к разделению систем по сложности. В частности, Г. Н. Поваров в зависимости от числа элементов, входящих в систему, выделяет четыре класса систем: малые системы ($10 \dots 10^3$ элементов), сложные ($10^4 \dots 10^7$ элементов), ультрасложные ($10^7 \dots 10^{30}$ элементов) суперсистемы ($10^{30} \dots 10^{200}$ элементов). Так как понятие элемент; возникает относительно задачи и цели исследования системы, то и данное определение сложности является относительным, а не абсолютным.

Английский кибернетик С. Бир классифицирует все кибернетические системы на простые и сложные в зависимости от способа описания: детерминированного или теоретико-вероятностного. А. И. Берг определяет сложную систему как систему, которую можно описать не менее чем на двух различных математических языках (например, с помощью теории дифференциальных уравнений и алгебры Буля).

Очень часто сложными системами называют системы, которые нельзя корректно описать математически, либо потому, что в системе имеется очень большое число элементов, неизвестным образом связанных друг с другом, либо неизвестна природа явлений, протекающих в системе. Все это свидетельствует об отсутствии единого определения сложности системы.

При разработке сложных систем возникают проблемы, относящиеся не только к свойствам их составляющих элементов и подсистем, но также к закономерностям функционирования системы в целом. При этом появляется широкий круг специфических задач, таких, как определение общей структуры системы; организация взаимодействия между элементами и подсистемами; учет влияния внешней среды; выбор оптимальных режимов функционирования системы; оптимальное управление системой и др.

Чем сложнее система, тем большее внимание уделяется вышеуказанным вопросам. Математической базой исследования сложных систем является теория систем. В теории систем *большой системой сложной, системой большого масштаба, (Large Scale Systems) называют систему, если она состоит из большого числа взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов и способна выполнять сложную функцию.*

Четкой границы, отделяющей простые системы от больших нет. Деление это условное и возникло из-за появления систем, имеющих в своем составе совокупность подсистем с наличием функциональной избыточности. Простая система может находиться только в двух состояниях: состоянии работоспособности (исправном) и состоянии отказа (неисправном). При отказе элемента простая система либо полностью прекращает выполнение своей функции, либо продолжает ее выполнение в полном объеме, если отказавший элемент резервирован. Большая система при отказе отдельных элементов и даже целых подсистем не всегда теряет работоспособность, зачастую только снижаются характеристики ее эффективности. Это свойство больших систем обусловлено их функциональной избыточностью и, в свою очередь, затрудняет формулировку понятия «отказ» системы.

Под *большой системой* понимается совокупность материальных ресурсов, средств сбора, передачи и обработки информации, людей-операторов, занятых на обслуживании этих средств, и людей-руководителей, облеченных надлежащими правами и ответственностью для принятия решений. Материальные ресурсы — это сырье, материалы, полуфабрикаты, денежные средства, различные виды энергии, станки, оборудование, люди, занятые на выпуске продукции, и т. д. Все указанные элементы ресурсов объединены с помощью некоторой системы связей, которые по заданным правилам определяют процесс взаимодействия между элементами для достижения общей цели или группы целей.

Примеры больших систем: информационная система; пассажирский транспорт крупного города; производственный процесс; система управления полетом крупного

аэродрома; энергетическая система и др.

Характерные особенности больших систем. К подобным отличительным особенностям относятся следующие:

- большое число элементов в системе (сложность системы);
- взаимосвязь и взаимодействие между элементами;
- иерархичность структуры управления;
- обязательное наличие человека в контуре управления, на которого возлагается часть наиболее ответственных функций управления.

Сложность системы. Пусть имеется совокупность из n элементов. Если они изолированы, не связаны между собой, то эти n элементов еще не являются системой. Для изучения этой совокупности достаточно провести не более чем n исследований. В общем случае в системе связь элемента A с элементом B не эквивалентна связи элемента B с элементом A , и поэтому необходимо рассматривать $n(n-1)$ связей. Если характеризовать состояние каждой связи наличием или отсутствием в данный момент, то общее число состояний (для такого самого простого поведения) системы будет равно $2^{n(n-1)}$. Даже при небольших n для больших систем (БС) это фантастическое число. Например, пусть $n = 10$. Число связей $n(n-1) = 90$. Число состояний $2^{90} \approx 1,3 \cdot 10^{27}$. Поэтому изучение БС путем непосредственного обследования ее состояний оказывается весьма громоздким. Следовательно, необходимо использовать ЭВМ и разрабатывать методы, позволяющие сократить число обследуемых состояний БС. Сокращение числа состояний БС — первый шаг в формальном описании систем.

Взаимосвязь и взаимодействие между элементами. В БС разделение системы на элементы и подсистемы может быть произведено различными способами. Элементом системы принято называть совокупность различных технических средств и людей, которые при данном исследовании рассматриваются как одно неделимое целое.

Рассмотрим некоторые примеры соотношения «система - элемент».

Система управления летательным аппаратом (самолетом, вертолетом, ракетой, космическим аппаратом) имеет следующие элементы: системы управления по тангажу, рысканию и вращению, по скорости и ускорению, радиостанции, коммутаторы, ЭВМ, радиолокаторы, аппаратура объема данных и обмена информацией устройства отображения информации.

В свою очередь, центральное вычислительное устройство имеет элементы: сумматоры, регистры, цепи синхронизации, генераторы, коммутаторы операций, матрицы запоминающих элементов, дешифраторы и другие узлы.

Элементами этих узлов являются: триггеры, линии задержки, вентили, переключательные схемы, делители-формирователи, ячейки индикации и т. д.

Триггерная ячейка включает: транзисторы, резисторы, конденсаторы, ферриты и другие элементы электронных схем.

Расчленение системы на элементы — второй шаг при формальном описании системы. Внутренняя структура элемента при этом не является предметом исследования. Имеют значение только свойства, определяющие его взаимодействие с другими элементами системы и оказывающие влияние на характер системы в целом.

Формально любая совокупность элементов системы вместе со связями между ними может рассматриваться как ее подсистема. Использование этого понятия оказывается особенно плодотворным в тех случаях, когда в качестве подсистем фигурируют некоторые более или менее самостоятельно функционирующие части системы.

В частности, в системе управления полетом самолета можно выделить следующие подсистемы:

1. систему дальнего обнаружения и управления;
2. систему многоканальной дальней связи;
3. многоканальную систему слепой посадки и взлета самолета;

4. систему диспетчеризации;
5. бортовую аппаратуру самолета.

Подсистемы БС сами могут быть большими системами, которые легко расчленить на соответствующие подсистемы. Так, большую систему «Городской пассажирский транспорт» по видам транспорта можно расчленить на подсистемы: троллейбусы, автобусы, трамвай, метрополитен, такси. Каждая из этих подсистем, в свою очередь, является БС. Так, таксомоторное хозяйство состоит из: сотен (тысяч) автомобилей и шоферов, нескольких автопарков, средств технического обслуживания и управления.

Выделение подсистем — третий важный шаг при формальном описании БС.

Иерархичность структуры управления. Управление в БС может быть централизованным и децентрализованным. *Централизованное управление* (рис. 3-а) предполагает концентрацию функции управления в одном центре БС. *Децентрализованное* — распределение функции управления по отдельным элементам БС (рис. 3-б). Типичные БС, встречающиеся на практике, относятся, как правило, к промежуточному типу, когда степень централизации находится между двумя крайними случаями: чисто централизованным и чисто децентрализованным.

Децентрализация управления позволяет сократить объем перерабатываемой информации, однако в ряде случаев это приводит к снижению качества управления.

Для управления с иерархичной структурой управления характерно наличие нескольких уровней управления (рис. 3-в).

Примеры иерархической структуры управления: административное управление, управление в вооруженных силах, снабжение.

Обязательное наличие человека в контуре управления. Поскольку в БС обязательно наличие человека, она является всегда эргатической системой. Часть функций управления выполняется человеком. Эта особенность БС связана с целым рядом факторов: участие человека в БС требует, чтобы управление учитывало социальные, психологические, моральные и физиологические факторы, которые не поддаются формализации и могут быть учтены в системах управления только человеком; необходимость в ряде случаев принимать решение на основе неполной информации, учитывать неформализуемые факторы — все это должен делать человек с большим опытом, хорошо понимающий задачи, стоящие перед системой;

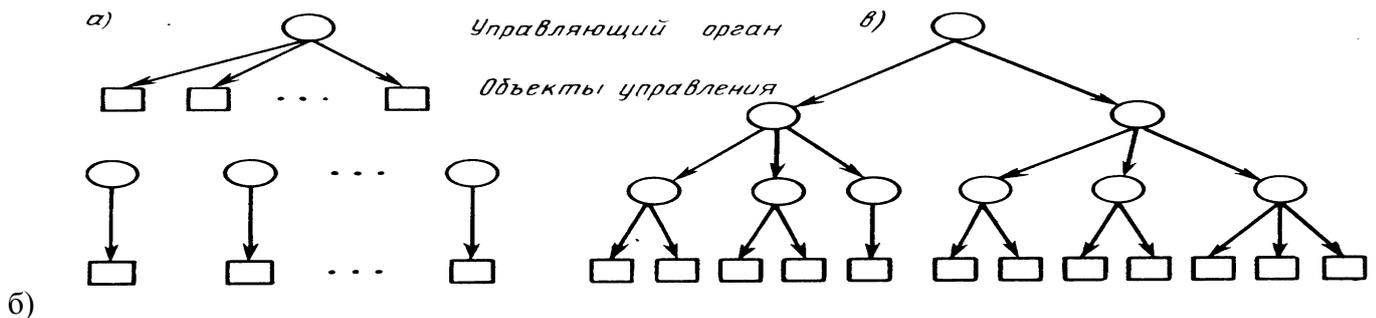


Рис.3. Виды централизации управления.

Теория БС с точки зрения системного анализа проблемы включает три основных научных направления:

- кибернетику как науку об управлении, включающую анализ информационных процессов в системах с управлением;
- исследование операций как науку, дающую количественное обоснование степени соответствия управления целевому назначению системы;

- экономические исследования (технико-экономические, военно-экономические исследования), дающие возможность анализировать процесс функционирования основных средств системы.

Рассмотренные классы систем удобно использовать как подходы на начальном этапе моделирования любой задачи, т.к. определив класс системы для реального объекта можно достаточно уверенно дать рекомендации по выбору метода, который позволит более адекватно ее отобразить.

Контрольные вопросы:

1. Классы сложности (по Г.Н.Поварову).
2. Определение большой системы.
3. Характерные особенности больших систем.
4. Взаимосвязь и взаимодействие между элементами.
5. Централизованное и децентрализованное управление.

ЛЕКЦИЯ 5. Сложные системы

Почти во всех учебниках можно встретить словосочетания "сложная задача", "сложная проблема", "*сложная система*" и т.п. Интуитивно, как правило, под этими понятиями понимается какое-то особое поведение системы или процесса, делающее невозможным (непреодолимая сложность) или особо трудным (преодолимая сложность) описание, исследование, предсказание или оценку поведения, развития системы.

Определения сложности - различны.

Система называется *сложной*, если в ней не хватает ресурсов (главным образом, информационных) для эффективного описания (состояний, законов функционирования) и управления системой - определения, описания управляющих параметров или для принятия решений в таких системах (в таких системах всегда должна быть подсистема принятия решения).

Сложной считают иногда такую систему, для которой по ее трем видам описания нельзя выявить ее траекторию, сущность, и поэтому необходимо еще дополнительное интегральное описание (интегральная модель поведения, или конфигуратор) - морфолого-функционально-инфологическое.

Пример. *Сложными системами* являются, например, химические реакции, если их исследовать на молекулярном уровне; клетка биологического образования, взятая на метаболическом уровне; мозг человека, если его исследовать с точки зрения выполняемых человеком интеллектуальных действий; экономика, рассматриваемая на макроуровне (т.е. макроэкономика); человеческое общество - на политико-религиозно-культурном уровне; ЭВМ (особенно пятого поколения) как средство получения знаний; язык - во многих аспектах его рассмотрения.

В *сложных системах* результат функционирования не может быть задан заранее, даже с некоторой вероятностной оценкой адекватности. Причины такой неопределенности - как внешние, так и внутренние, как в структуре, так и в описании функционирования, эволюции. Сложность этих систем обусловлена их сложным поведением. Сложность системы зависит от принятого уровня описания или изучения системы - макроскопического или микроскопического. Сложность системы может определяться не только большим количеством подсистем и сложной структурой, но и сложностью поведения.

Чтобы не возникло недоразумений при чтении специальной литературы, необходимо отметить, что термины "большая" и "сложная" система в системологии окончательно еще не установились.

Чтобы подробнее пояснить разницу между большими и сложными системами, отметим, что возможны все четыре комбинации; существуют системы: 1) "малые простые"; 2) "малые сложные"; 3) "большие простые"; 4) "большие сложные". Приведем примеры систем всех видов (в том же порядке):

исправные бытовые приборы (утюг, часы, холодильник, телевизор и т.д.) — для пользователя; неисправные — для мастера; шифрозамок — для хозяина сейфа;
исправный бытовой прибор - для пользователя;

Сложность системы может быть *внешней* и *внутренней*.

Внутренняя сложность определяется сложностью множества внутренних состояний, потенциально оцениваемых по проявлениям системы и сложности управления в системе.

Внешняя сложность определяется сложностью взаимоотношений с окружающей средой, сложностью управления системой, потенциально оцениваемых по обратным связям системы и среды.

Сложные системы бывают разных типов сложности:

- структурной или организационной (не хватает ресурсов для построения, описания, управления структурой);
- динамической или временной (не хватает ресурсов для описания динамики поведения системы и управления ее траекторией);
- информационной или информационно-логической, инфологической (не хватает ресурсов для информационного, информационно-логического описания системы);
- вычислительной или реализации, исследования (не хватает ресурсов для эффективного прогноза, расчетов параметров системы, или их проведение затруднено из-за нехватки ресурсов);
- алгоритмической или конструктивной (не хватает ресурсов для описания алгоритма функционирования или управления системой, для функционального описания системы);
- развития или эволюции, самоорганизации (не хватает ресурсов для устойчивого развития, самоорганизации).

Чем сложнее рассматриваемая система, тем более разнообразные и более сложные внутренние информационные процессы приходится актуализировать для того, чтобы была достигнута цель системы, т.е. система функционировала или развивалась.

Пример. Упрощение технических средств работы в сетях, например, научные достижения, позволяющие подключать компьютер непосредственно к сети, "к розетке электрической сети", наблюдается наряду с усложнением самих сетей, например, с увеличением количества абонентов и информационных потоков в интернет. Наряду с усложнением самой сети интернет, упрощаются (для пользователя!) средства доступа к ней, увеличиваются ее вычислительные возможности.

Структурная сложность системы оказывает влияние на динамическую, вычислительную сложность. Изменение динамической сложности может привести к изменению структурной сложности, хотя это не является обязательным условием. *Сложной системой* может быть и система, не являющаяся *большой системой*; существенным при этом может стать связность (сила связности) элементов и подсистем системы.

Сложность системы определяется целями и ресурсами (набором задач, которые она призвана решать).

Пример. Сложность телекоммуникационной сети определяется:

1. необходимой скоростью передачи данных;
2. протоколами, связями и типами связей (например, для селекторного совещания необходима голосовая телеконференция);
3. необходимостью видеосопровождения.

Само понятие сложности системы не является чем-то универсальным, неизменным и может меняться динамически, от состояния к состоянию. При этом и слабые связи, взаимоотношения подсистем могут повышать сложность системы.

Система называется *связной*, если любые две подсистемы обмениваются ресурсом, т.е. между ними есть некоторые ресурсоориентированные отношения, связи.

При определении меры сложности системы важно выделить инвариантные свойства систем или информационные инварианты и вводить меру сложности систем на основе их описаний.

Пример. Сложность программного комплекса L может быть определена как логическая сложность и измерена в виде $L = L_1 / L_2 + L_3 + L_4 + L_5$, где L_1 - общее число всех логических операторов, L_2 - общее число всех исполняемых операторов, L_3 - показатель сложности всех циклов (определяется с помощью числа циклов и их вложенности), L_4 - показатель сложности циклов (определяется числом условных операторов на каждом уровне вложенности), L_5 - определяется числом ветвлений во всех условных операторах.

В последнее время стали различать так называемые "жесткие" и "мягкие" системы, в основном, по используемым критериям рассмотрения.

Исследование "жестких" систем обычно опирается на категории: "проектирование", "оптимизация", "реализация", "функция цели" и другие. Для "мягких" систем используются чаще категории: "возможность", "желательность", "адаптируемость", "здоровый смысл", "рациональность" и другие. Методы также различны: для "жестких" систем - методы оптимизации, теория вероятностей и математическая статистика, теория игр и другие; для "мягких" систем - многокритериальная оптимизация и принятие решений (часто в условиях неопределенности), теория катастроф, нечеткие множества и нечеткая логика, эвристическое программирование и др.

Контрольные вопросы:

1. Понятие сложной системы.
2. Приведите примеры сложных систем.
3. Разница между большими и сложными системами.
4. Внутренняя и внешняя сложность систем.
5. Типы сложности.

ЛЕКЦИЯ 6. Информационные системы

Информация используется для управления, но и сама она подвержена управляющим воздействиям. Основная цель этих воздействий - поддержка информационных потоков и магистралей, способствующих достижению поставленных целей при ограниченных материально-энергетических, информационно-организационных, пространственно-временных ресурсах.

Во многих областях и в системном анализе важное значение имеет понятие "*информационная система*". Такая система отождествляется часто с некоторой системой поддержки (автоматизации) интеллектуальных работ, в частности, поиска информации, администрирования, экспертизы, принятия решений, управления, распознавания, накопления знаний, обучения и др.

Информационная система - система, в которой ее элементы, цель, ресурсы, структура (организация) рассматриваются, в основном, на информационном уровне.

Любая *информационная система* имеет следующие типы основных подсистем:

1. подсистема информационного обеспечения (данных);
2. подсистема интеллектуального обеспечения (информации, знаний);
3. подсистема технического обеспечения (аппаратуры);
4. подсистема технологического обеспечения (технологии);
5. подсистема коммуникативного обеспечения (интерфейса);
6. подсистема анализа и проектирования;
7. подсистема оценки адекватности и качества;
8. подсистема организационного взаимодействия и управления персоналом;
9. подсистема логистики (планирования и движения товаров и услуг).

Информационная среда - это среда (т.е. система и ее окружение) из взаимодействующих *информационных систем*, включая и информацию.

Информационная система управления - система, предназначенная для управления, - как другой системой, так и внутри системы (т.е. в качестве управляющей подсистемы).

Различают также основные 6 типов *информационных систем управления*. Тип системы определяется целью, ресурсами, характером использования и предметной областью:

1. Диалоговая система обработки запросов (Transaction Processing System) - для реализации текущих, краткосрочных, тактического характера, часто рутинных и жестко структурируемых и формализуемых процедур, например, обработки накладных, ведомостей, бухгалтерских счетов, складских документов и т.д.
2. Система информационного обеспечения (Information Provision System) - для подготовки информационных сообщений краткосрочного использования тактического или стратегического характера, например, с использованием данных из базы данных и структурированных, формализованных процедур.
3. Система поддержки принятия решений (Decision Support System) - для анализа (моделирования) реальной формализуемой ситуации, в которой менеджер должен принять некоторое решение, возможно, просчитав различные варианты потенциального поведения системы; такие системы используются как в

- краткосрочном, так и в долгосрочном управлении тактического или стратегического характера в автоматизированном режиме.
4. Интегрированная, программируемая система принятия решения (Programmed Decision System) предназначена для автоматического, в соответствии с программно реализованными в системе, структурированными и формализованными критериями оценки, отбора (выбора) решений; используются как в краткосрочном, так и в долгосрочном управлении тактического (стратегического) характера.
 5. Экспертные системы (Expert System) - информационные консультирующие и (или) принимающие решения системы, которые основаны на структурированных, часто плохо формализуемых процедурах, использующих опыт и интуицию, т.е. поддерживающие и моделирующие работу экспертов, интеллектуальные особенности; системы используются как в долгосрочном, так и в краткосрочном оперативном прогнозировании, управлении.
 6. Интеллектуальные системы, или системы, основанные на знаниях (Knowledge Based System) - поддерживают задачи принятия решения в сложных системах, где необходимо использование знаний в достаточно широком диапазоне, особенно в плохо формализуемых и плохо структурируемых системах, нечетких системах и при нечетких критериях принятия решения; эти системы наиболее эффективны и применимы для сведения проблем долгосрочного, стратегического управления к проблемам тактического и краткосрочного характера, повышения управляемости.

При построении *информационной системы* можно использовать две основные концепции (третья концепция - их комбинация):

- ориентация на проблемы, которые необходимо решать с помощью этой *информационной системы*, т.е. проблемно-ориентированный подход (или индуктивный подход);
- ориентация на технологию, которая доступна в данной системе, среде, т.е. технологически-ориентированный подход (или дедуктивный подход).

Выбор концепции зависит от стратегических (тактических) и(или) долгосрочных (краткосрочных) критериев, проблем, ресурсов.

Если вначале изучаются возможности имеющейся технологии, а после определяются актуальные проблемы, которые можно решить с их помощью, то необходимо опираться на технологически-ориентированный подход.

Если же вначале определяются актуальные проблемы, а затем внедряется технология, достаточная для решения этих проблем, то необходимо опираться на проблемно-ориентированный подход.

Ошибки в выборе подхода (проблем, технологии) могут привести не только к ошибочным стратегиям, но и к полному краху системы.

При этом обе концепции построения *информационной системы* зависят друг от друга: внедрение новых технологий изменяет решаемые проблемы, а изменение решаемых проблем - приводит к необходимости внедрения новых технологий.

Системное проектирование (разработка) и использование *информационной системы* должно пройти следующий **жизненный цикл информационной системы**:

1. предпроектный анализ (опыт создания других аналогичных систем, отличия и особенности разрабатываемой системы и др.), анализ внешних проявлений системы;
2. внутрисистемный анализ, внутренний анализ (анализ подсистем системы);
3. системное (морфологическое) описание системы (описание системной цели, системных отношений и связей с окружающей средой, другими системами и системных ресурсов - материальных, энергетических, информационных, организационных, людских, пространственных и временных);
4. определение критериев адекватности, эффективности и устойчивости (надежности);
5. функциональное описание подсистем системы (описание моделей, алгоритмов функционирования подсистем);
6. макетирование (макетное описание) системы, оценка взаимодействия подсистем системы (разработка макета - реализации подсистем с упрощенными функциональными описаниями, процедурами, и апробация взаимодействия этих макетов с целью удовлетворения системной цели;
7. "сборка" и тестирование системы - реализация полноценных функциональных подсистем и критериев, оценка модели по сформулированным критериям;
8. функционирование системы;
9. определение целей дальнейшего развития системы и ее приложений;
10. сопровождение системы - уточнение, модификация, расширение возможностей системы в режиме ее функционирования (с целью ее эволюционирования).

Пример. Для решения текущих задач ведения бизнеса с учетом разнородных корпоративных интересов используют специальные системы планирования ресурсов предприятия (ERP), как правило, на основе удаленного ("клиент-сервер") доступа к единой базе данных и единых, предопределенных бизнес-процессах, транзакциях, с открытой многоплатформенной архитектурой. Системы ERP позволяют различным организациям (география не имеет значения), с различными *информационными системами* создавать общую интегрированную *информационную систему*, используя для этого опыт и решения, разработанные фирмой-поставщиком ERP.

Индустрия *информационных систем* опирается на следующие процессы:

1. повышение мультимедийности, гипермедийности;
2. повышение дружелюбности к пользователю;
3. интеграция;
4. повышение открытости;
5. распределенность;
6. объектно-ориентированный подход;
7. метабазирование данных и *информационных систем*;

В последнее время рассматриваются (проектируются, разрабатываются и используются) так называемые корпоративные *информационные системы*, т.е. *информационные системы* в масштабе корпорации, организации.

Главный лозунг разработки *информационных систем*: "Разработка *информационной системы* осуществляется не для внедрения (использования) *информационной системы*, а для обеспечения эффективного управления, функционирования, планирования и прогнозирования, эволюции системы, которую она информационно поддерживает".

Соответствие, позволяющее переходить от абстракции "Информация" к ее конкретизации "Сообщение", называется *интерпретацией* информации с помощью определенной знаковой системы, некоторого алфавита, т.е. системы, с помощью которой представляется

сообщение. *Интерпретация* информации всегда связана со смыслом (с семантикой) и с *пониманием* (с прагматикой). Соответствие такого типа всегда устанавливается при отождествлении данного сообщения с информацией, при актуализации информации.

Контрольные вопросы:

1. Что такое информационная система?
2. Основные подсистемы информационных систем.
3. Понятие информационной среды.
4. Основные типы информационных систем управления.
5. Понятие жизненного цикла информационных систем.

ЛЕКЦИЯ 7. Искусственные и естественные системы

Один из основных признаков системы состоит в ее структурированности, в целесообразности связей между ее элементами. Понятное и очевидное, если речь идет о системах, созданных человеком, такое описание (определение) системы приводит к сложным вопросам, когда приходится сталкиваться с естественной структурированностью реальных природных объектов. Как красиво и правильно растут кристаллы! Как стройна наша Солнечная система.

На ранней стадии развития общественного сознания стройность и целесообразность природы пытались объяснить сравнительно просто - допустив существование некоторого "внечеловеческого" разума. Это и явилось одной из причин возникновения различных религий, Ведь предполагаемый "сверхъестественный" разум также система, но тогда кто, в свою очередь, "создал" эту систему и откуда возникают ее цели?

Всякая система есть объект, но не всякий объект есть система.

Пример 1.

Лес — это объект, но лишь до тех пор, пока его свойства не используются для конкретных целей. Например, при постройке нового города на лесистой территории часть леса в черте города сохранена в целях, поставленных проектировщиками; теперь эта часть леса входит в систему "город".

У леса нет "целей" украсить город или способствовать сохранению его хорошего микроклимата. Лес имеет только свойства, знание, использование которых дает возможность всем этим системам достичь своих целей. У леса есть еще очень много (бесконечно много!) свойств, которые, будучи познанными, потенциально могут быть использованы для создания систем.

Такой подход обладает следующим достоинством: он подчеркивает, что если человек и может добиться любой цели, то не любым образом. Законы природы (обобщенное выражение познанных свойств объектов) нельзя нарушать, их можно только использовать. Мы намечаем конечный пункт (цель), но пути его достижения определяет природа. Реализовать поставленную цель можно только соподчиняя, организуя, используя естественные свойства объектов. Недостижимы лишь цели, противоречащие объективным природным закономерностям. Утверждая это, однако, не следует путать действительно объективные свойства природы и конкретные знания о них на современном этапе.

Пример 2. Известно, что из закона сохранения энергии следует невозможность создания вечного двигателя, т.е. системы, дающей на выходе энергию и ничего не имеющей на входе. Поэтому цель создать вечный двигатель недостижима.

Пример 3. Достижима ли цель создания мыслящей машины? Законы природы, которые запрещали бы это, неизвестны. Конечно, отсюда еще не следует, что такая цель достижима, но поиски способов ее достижения не выглядят напрасными; на современном уровне знаний достижение этой цели не исключено, но и не гарантировано.

Сейчас была сделана попытка сохранить понятие системы только для искусственных систем. При таком подходе реальные объекты, несмотря на свою структурированность, системами не признаются, поскольку отсутствуют цели их возникновения и развития.

Из этого следует, что можно рассматривать структурированные объекты, созданные с известной целью, как системы, а все остальные объекты — как "не системы", как объекты с известными и/или неизвестными свойствами. Очевидно, что если неизвестна

цель, достижению которой служит система, то это еще не означает, что данный объект перестает быть системой.

СТРУКТУРИРОВАННОСТЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Таким образом, могут существовать системы с неизвестными нам целями и/или устройством. Тогда возникает задача изучения этих систем, и понятно, что сам подход и некоторые методы такого изучения существенно отличаются от тех, которые применяются при рассмотрении обычных объектов: ведь нужно, прежде всего, познать данный объект как систему, выявить ее назначение (цель) или способ действия.

Создание специальных методов для исследования систем — одна из важнейших задач всей системологии. Ряд таких методов уже создан, другие еще только разрабатываются и совершенствуются. Можно применить эти методы к исследованию сложных объектов, существующих независимо от человека, не созданных людьми, ведь считают "настоящими" системами нервную или сердечно-сосудистую системы человека, муравейник или лес вместе со всеми животными в данном лесу. Ясно, что, например, не считая мозг сложной системой, нельзя познать то, как мы мыслим.

Сделаем вывод: существуют искусственные (созданные человеком) и естественные (возникшие в природе без участия человека) системы. Поэтому и возникли такие науки, как экология, бионика, биокибернетика, нейрокибернетика, исследующих естественные системы в различных аспектах.

Попытка сохранить термин "система" только для искусственных конструкций приводит к трудностям.

Например:

- 1) на каком уровне членения системы ее часть оказывается уже не искусственной системой, а естественным объектом?
- 2) кем (системой или объектом) нам считать самих себя и т.д.?

Признав существование естественных систем, мы должны и расширить понятие цели так, чтобы оно охватывало предыдущее понятие цели искусственной системы, определяло цель естественной системы и указывало, в чем состоит их общность и различие.

СУБЪЕКТИВНЫЕ И ОБЪЕКТИВНЫЕ ЦЕЛИ

Цель искусственной системы была определена достижение желаемого результата ее деятельности, т.е. что должно бы быть. Цели бывают как осуществимые, так и неосуществимые;

Такой идеальный образ будущего состояния системы и окружающей ее среды естественно назвать *субъективной целью*. Теперь представим себе, что прошел срок, который был отведен для реализации субъективной цели; система и непосредственно окружающая ее среда оказались в некотором реализовавшемся состоянии. В это состояние система пришла объективно, т.е. в результате реализации объективах закономерностей. По отношению к прошлому моменту, когда результат еще только планировался, это состояние можно назвать *объективной целью* системы.

Другими словами, будущее реальное состояние системы мы представляем себе как ее объективную цель.

Теперь можно рассматривать субъективные и объективные цели системы, т.е. такие, которые ставит человек, и такие, которые реализует природа.

Теперь становится понятно, что у естественных неодушевленных систем есть только объективные цели.

Любой объект можно рассматривать как систему, но это означает, что этот объект рассматривается под определенным углом зрения, т.е. только в определенном отношении, а именно в отношении к цели.

Контрольные вопросы:

1. Приведите примеры естественных и искусственных систем.
2. Что такое естественные системы?
3. Что такое искусственные системы?
4. Что такое субъективная цель?
5. Что такое объективная цель системы?

ЛЕКЦИЯ 8. Система и среда

На первых этапах системного анализа важно уметь отделить (отграничить) систему от среды, с которой взаимодействует система. Иногда даже определения системы, применяющиеся на начальных этапах исследования, базируются на отделении системы от среды.

Частным случаем выделения системы из среды является определение ее через *входы* и *выходы*, посредством которых система общается со средой. В кибернетике и теории систем такое представление системы называют "*черным ящиком*". На этой модели базировались начальное определение системы У.Р. Эшби, определения Д. Эллиса и Ф. Людвига, Р. Кершнера, Дж. Клира и М. Валяха.

Сложное взаимодействие системы с ее окружением отражено в следующих определениях:

- 1.) система образует особое единство со средой;
- 2) как правило, любая исследуемая система представляет собой элемент системы более высокого порядка;
- 3) элементы любой исследуемой системы, в свою очередь, обычно выступают как системы более низкого порядка".

Согласуется с этими определениями и развивает их предлагаемое в одной из методик системного анализа разделение сложной среды на **подсистему** или **вышестоящие** системы; **нижележащие** или **подведомственные** системы; системы **актуальной** или **существенной** среды.

Такому представлению о среде соответствует следующее определение: "...среда есть совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы".

Выделяет систему из среды *наблюдатель*, который отделяет (отграничивает) элементы, включаемые в систему, от остальных, т.е. от среды, в соответствии с целями исследования (проектирования) или предварительного представления о проблемной ситуации.

При этом возможно три варианта положения наблюдателя, который:

- 1) может отнестись к среде и, представив систему как полностью изолированную от среды, строить замкнутые модели (в этом случае среда не будет играть роли при исследовании модели, хотя может влиять на ее формирование);
- 2) включить себя в систему и моделировать ее с учетом своего влияния и влияния системы на свои представления о ней (ситуация, характерная для экономических систем);
- 3) выделить себя и из системы, и из среды, и рассматривать систему как *открытую*, постоянно взаимодействующую со средой, учитывая этот факт при моделировании (такие модели необходимы для развивающихся систем).

В последнем случае практически невозможно учесть все объекты, не включенные в систему и отнесенные к среде; их множество необходимо сузить с учетом цели исследования, точки зрения наблюдателя путем анализа взаимодействия системы со средой, включив этот "механизм" анализа в методику моделирования

Уточнение или конкретизация определения системы в процессе исследования влечет соответствующее уточнение ее взаимодействия со средой и определения среды. В этой связи важно прогнозировать не только состояние системы, но и состояние среды. В последнем случае следует учитывать неоднородность среды, наряду с естественно-

природной средой существуют искусственные - техническая среда созданных человеком машин и механизмов, экономическая среда, информационная, социальная среда.

В процессе исследования граница между системой и средой может деформироваться. Уточняя модель системы, наблюдатель может выделять в среду некоторые составляющие, которые он первоначально включал в систему. И, наоборот, исследуя корреляцию между компонентами системы и среды, он может посчитать целесообразным составлять среды, имеющие сильные связи с элементами системы, включить в систему.

Применения системных представлений для анализа сложных объектов и процессов рассматривают системные направления включающие в себя: системный подход, системные исследования системный анализ (системологию, системотехнику и т. п.).

Системный подход. Этот термин начал применяться в первых работах, в которых элементы общей теории систем использовались для практических приложений. Используя этот термин, подчеркивали необходимость исследования объекта с разных сторон, комплексно, в отличие от ранее принятого разделения исследований на физические, химические и др. Оказалось, что с помощью многоаспектных исследований можно получить более правильное представление о реальных объектах, выявить их новые свойства, лучше определить взаимоотношения объекта с внешней средой, другими объектами. Заимствованные при этом понятия теории систем вводились не строго, не исследовался вопрос, каким классом систем лучше отобразить объект, какие свойства и закономерности этого класса следует учитывать при конкретных исследованиях и т. п. Иными словами, термин «системный подход» практически использовался вместо терминов «комплексный подход», «комплексные исследования».

Системные исследования. В работах под этим названием понятия теории систем используются более конструктивно: определяется класс систем, вводится понятие структуры, а иногда и правила ее формирования и т. п. Это был следующий шаг в системных направлениях. В поисках конструктивных рекомендаций появились системные направления с разными названиями: системотехника, системология и др. Для их обобщения стал применяться термин «системные исследования». Часто в работах использовался аппарат исследования операций, который к тому времени был больше развит, чем методы конкретных системных исследований.

Системный анализ. В настоящее время системный анализ является наиболее конструктивным направлением. Этот термин применяется неоднозначно. В одних источниках он определяется как «приложение системных концепций к функциям управления, связанным с планированием». В других — как синоним термина «анализ систем» (Э. Квейд) или термина «системные исследования» (С. Янг). Однако независимо от того, применяется он только к определению структуры целей системы, к планированию или к исследованию системы в целом, включая и функциональную и обеспечивающую части, работы по системному анализу существенно отличаются от рассмотренных выше тем, что в них всегда предлагается методология проведения исследований, делается попытка выделить этапы исследования и предложить методику выполнения этих этапов в конкретных условиях. В этих работах всегда уделяется особое внимание определению целей системы, вопросам формализации представления целей.

Термин «системный анализ» впервые появился в связи с задачами военного управления в исследованиях RAND Corporation (1948 г.), а в отечественной литературе получил широкое распространение после выхода в 1969 г. книги С. Оптнера «Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем».

В начале работы по системному анализу в большинстве случаев базировались на идеях теории оптимизации и исследования операций. При этом особое внимание уделялось стремлению в той или иной форме получить выражение, связывающее цель со средствами, аналогичное критерию функционирования или показателю эффективности, т.е. отобразить объект в виде хорошо организованной системы.

Позднее системный анализ некоторые исследователи начинают определять как «процесс последовательного разбиения изучаемого процесса на подпроцессы» (С. Янг) и основное внимание уделяют поиску приемов, позволяющих организовать решение сложной проблемы путем расчленения ее на подпроблемы и этапы, для которых становится возможным подобрать методы исследования и исполнителей.

В настоящее время системный анализ развивается применительно к проблемам планирования и управления, и в связи с усилением внимания к программно-целевым принципам в планировании этот термин стал практически неотделим от терминов «целеобразование» и «программно-целевое планирование и управление».

В качестве объекта системного анализа могут быть рассмотрены любые системы, явления, а также отдельные проблемы, решение которых является особо важным в функционировании системы. Примером такого решения является, например, реализация продовольственной программы, нацеленной на удовлетворение потребностей населения продуктами питания. Это **тактический** уровень системного анализа, когда в качестве системы рассматривается отдельная проблема.

На современном этапе хозяйствования решения, принимаемые на тактическом уровне, наиболее распространены, что связано с постоянной необходимостью срочного разрешения тех или иных конкретных проблем: экологических, медицинского обслуживания, транспортных и других, которые возникают вследствие несовершенства хозяйственного механизма. Следует отметить, что даже успешное решение отдельных проблем не гарантирует эффективного функционирования системы в целом, чаще всего им на смену приходят новые, не менее сложные.

Стратегический уровень системного анализа предполагает расширение поиска решений, переход на качественно иной, более высокий уровень. Задача ставится таким образом, чтобы сконструировать систему с максимально возможной эффективностью, обеспечивающей отсутствие появления проблем, требующих решения на тактическом уровне. Очевидно, что подобная система явится своего рода идеалом, не достижимым в реальных условиях вследствие большого количества ограничений. Тем не менее, создание такой идеальной системы крайне полезно – она может служить своего рода эталоном, ориентиром при выборе направлений развития системы.

Реализация стратегического уровня системного анализа носит название **стратегии системного проектирования** и опирается на всестороннее, системное описание объекта исследования, особое место в котором занимает проблема выявления функций.

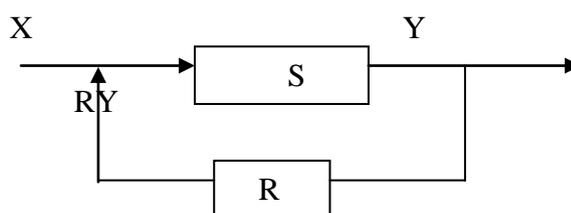
Контрольные вопросы:

1. Понятие «черного ящика».
2. Какие среды вы знаете?
3. Какие направления используют для анализа сложных объектов?
4. Понятие системного анализа.
5. Тактический и стратегический уровень системного анализа.

ЛЕКЦИЯ 9. Факторы исследования систем

Принцип обратной связи

Этот принцип Н. Винер назвал «душой» кибернетики. Принцип обратной связи следует отличать от самой обратной связи. Обратная связь подразумевает наличие канала для передачи информации (воздействия) от управляемого объекта (с его выходов) к управляющему. **Принцип обратной связи** есть принцип коррекции входных воздействий в процессе управления на основе информации о выходе управляемой системы. Управляемая система вместе с регулятором, корректирующим входные воздействия на основе использования информации о выходах, образуют замкнутый контур, который носит название **контур обратной связи**



Контур обратной связи

S – управляемая система R – регулятор
X – входные воздействия Y – выход
RY – корректирующие воздействия

Принцип обратной связи – это универсальный принцип управления, позволяющий в изменяющейся среде достигать заданной цели. В зависимости от характера самой цели выделяют положительные и отрицательные обратные связи.

Отрицательная обратная связь – обратная связь, предназначенная для поддержания системы в заданном состоянии (при неизменном значении описывающих ее параметров), т.е. для достижения так называемой долговечной цели. В технических устройствах люди начали использовать этот принцип задолго до возникновения кибернетики и возникновения самого понятия «отрицательная обратная связь». Примером может служить регулятор Уатта, цель которого – обеспечить постоянство скорости вращения вала двигателя внутреннего сгорания, паровой машины и т.д. В живом организме с помощью отрицательных обратных связей поддерживаются физиологические константы (температура тела, кровяное давление и т.п.).

Экономика, представляющая собой сложную систему, обладает развитым механизмом обратных связей. Однако, в связи с тем, что в экономических системах практически отсутствуют «долговечные» цели, т.е. цели в виде поддержания некоторых параметров на заданном уровне, основной тип обратных связей в экономике – положительные.

Положительная обратная связь – обратная связь, предназначенная для перевода системы в новое состояние, которое зависит от сложившейся конкретной ситуации, т.е. для достижения текущей (меняющейся, конкретизирующейся) цели. Так, голодающий волк, догоняя овцу, изменяет, корректирует маршрут своего движения на основе получаемой через органы чувств осведомительной информации. В технических устройствах положительная обратная связь используется для увеличения коэффициента их передачи.

Кроме того, положительная обратная связь является причиной так называемых процессов самовозбуждения, которые могут и не служить достижению цели.

Положительная обратная связь является более сложной, чем отрицательная. На основе отрицательных обратных связей управление осуществляется по достаточно жесткой (неизменной) программе, при управлении на основе положительных обратных связей программа не должна быть жесткой.

Закон необходимого разнообразия

По определению У. Эшби, число различных состояний системы или логарифм этого числа по основанию 2 есть **разнообразие системы**. Система в своем поведении может принимать различные состояния, значения ее параметров могут меняться. Однако, вследствие каких-либо условий, ограничений, внутренних свойств систем и т.п. из всех теоретически мыслимых состояний практически реализуемыми оказываются меньшее число состояний. Такое уменьшение числа возможных состояний есть **ограничение разнообразия**. Всякий закон природы есть ограничение разнообразия, поскольку из всех мыслимых состояний связываемых им объектов он указывает область реально возможных их состояний, параметров, форм и т.п.

Задача управления есть задача ограничения разнообразия, ибо управление осуществляется с целью приведения системы в некоторое заданное состояние и поддержание этого состояния. У.Эшби сформулировал **закон необходимого разнообразия**, который утверждает, что ограничение разнообразия в поведении управляемого объекта достигается только за счет увеличения разнообразия органа управления. Или более лаконично: только разнообразие может уничтожить разнообразие. Этот закон имеет фундаментальное значение, в частности, он устанавливает, что эффективное управление в сложных системах не осуществимо с помощью «простых» средств.

Принцип «черного ящика»

«Черный ящик» - система, о внутренней организации поведения которой сведений нет, но существует возможность воздействия на ее входы, и воспринимать воздействия ее выходов. Метод «черного ящика» заключается в том, что система изучается не как совокупность взаимодействующих элементов, а как нечто целое (неделимое), взаимодействующее со средой на своих входах и выходах. Метод «черного ящика» применим в различных ситуациях. Во-первых, конструкция системы может не интересовать наблюдателя, которому важно знать только поведение системы. Так, при пользовании телевизором новой марки, при отсутствии конструкции, наблюдатель назначает того или иного регулятора по тому воздействию, которое он оказывает на функционирование телевизора. В этом случае телевизор – «черный ящик»; изменение положения регулятора – входные воздействия; звук, изображение – выходы.

Во-вторых, этот метод используется при недоступности внутренних процессов системы для исследования. Например, изучение деятельности мозга, изучение новых лекарственных средств.

В-третьих, метод «черного ящика» используется при исследовании систем, все элементы и связи которых в принципе доступны, но либо многочисленны и сложны, что приводит к огромным затратам, либо изучение недопустимо по каким-либо соображениям. Примерами могут служить проверка на готовность к эксплуатации АТС, которая проводится путем «прозванивания», а не непосредственной проверкой всех блоков, схем и т.п., и проверка действия секретного прибора, разбирать который в полевых условиях запрещено.

Метод «черного ящика» заключается в следующем:

1. Предварительное наблюдение взаимодействий системы со средой, установление списка входных и выходных воздействий. Выявление существенных воздействий. Окончательный выбор входов и выходов для исследования с учетом имеющихся средств воздействия на систему и средств наблюдения за ее поведением.

2. Воздействие на входы системы и регистрация ее выходов. В процессе изучения наблюдатель и «черный ящик» образуют систему с обратной связью. Первичные результаты исследования представляют собой множество пар: «состояние входа; состояние выхода».

3. Установление зависимости между входом и выходом системы. Установление такой зависимости – однозначной или вероятностной – возможно только в том случае, если система в своем поведении обнаруживает ограничение разнообразия.

По мере исследования системы и все более глубокого проникновения в суть происходящих в ней процессов необходимость в использовании «черного ящика» отпадает.

Контрольные вопросы:

1. Что такое «принцип обратной связи»?
2. Отрицательная обратная связь.
3. Положительная обратная связь.
4. Понятие закона необходимого разнообразия.
5. Что такое принцип «черного ящика»?

ЛЕКЦИЯ10. Методы, системные характеристики и функции систем

Принцип моделирования

В основе моделирования лежит метод аналогий. Аналогия – подобие, сходство предметов в каких-либо признаках, отношениях. Убедившись в аналогичности двух объектов, предполагают, что функции, свойства одного объекта присущи и другому объекту, для которых они установлены.

Метод аналогий состоит в том, что изучается один объект – модель, а выводы переносятся на другой – оригинал. Иначе говоря, аналогия – вывод от модели к оригиналу.

Модели создаются самые разные. *Графическая* модель – объект, геометрически подобный оригиналу (графическая карта). *Функциональная* – объект, отображающий поведение оригинала (любая действующая модель). *Символическая* – выражается с помощью абстрактных символов (программа для ЭВМ). *Статистическая* – описывает взаимодействие между элементами, имеющее случайный характер (схема Бернулли). *Описательная* (дескриптивная) – словесное описание, сравнительные характеристики (различные определения). *Математическая* – совокупность уравнений или неравенств, таблицы, матрицы и другие способы математического описания оригинала. Строятся смешанные модели.

Модель как инструмент исследования, позволяет на основе регулирования исходными параметрами, предположениями прогнозировать поведение системы. Модель может быть использована в качестве инструмента для контроля за деятельностью системы, в качестве средства обучения. Кроме того, модель является средством «упрощения» объекта и его изучения, поскольку позволяет исследовать систему с точки зрения ее существенных характеристик, абстрагируясь от побочных влияний среды. Среди методов упрощения можно назвать:

- Исключение из рассмотрения ряда переменных:
 - а) исключение несущественных;
 - б) агрегирование;
- Изменение природы переменных:
 - а) рассмотрение переменных как констант (например, путем замены случайной величины ее математическим ожиданием);
 - б) рассмотрение дискретных величин как непрерывных, и наоборот;
- Изменение характера связи между элементами (например, замена нелинейных зависимостей на линейные);
- Изменение ограничений – снятие или введение новых.

Каждая система взаимодействует с системами более высокого уровня, с системами одного уровня с данной (параллельными или горизонтальными) и с системами более низкого уровня. Такое взаимодействие осуществляется посредством внешних связей системы, которые подразделяются на входные и выходные параметры (вход и выход). Таким образом, любая система имеет вход – материальные компоненты, информация, энергия и т.д., которые, подвергаясь определенным воздействиям в системе, преобразуются в выход, как результат обработки элементов входа. Вход характеризуется воздействием внешней среды на систему, выход – системы на внешнюю среду.

Под **процессором** понимается в общем виде все то, что преобразует вход в выход, он представляет собой единство всех параметров: последовательности, оснащения, катализатора и субъекта труда.

Последовательность представляет собой порядок, правила преобразования элементов входа в элементы выхода системы.

Катализатор – множество компонент любой природы, стимулирующих процесс реализации функции системы. Это могут быть материальные, информационные, социологические, юридические факторы, а также факторы, связанные с методами и направлениями процесса принятия решений (формы и методы стимулирования, научная организация труда и т.д.) поскольку катализатор связан, прежде всего, с субъективным или человеческим фактором системы.

Субъект труда – люди, участвующие в процессе преобразования элементов входа в элементы выхода.

Для каждой из четырех системных характеристик выделяют 4 параметра измерения: физическое, динамическое, контрольное, прогнозируемое.

Физическое измерение – описание физических свойств и экономического назначения элементов. Отражает размер, состав, форму, внешний вид и т.п.; характеризует физическую сторону функционирования (тонны, сутки, рубли).

Динамическое измерение – мера физического измерения по каждой системной характеристике. Обычно динамическое измерение связывается с измерением соответствующих характеристик во времени (интенсивность, удельный вес, темпы и т.п.).

Контрольное измерение – описание точно установленных значений (нормативных, эталонных), с помощью которых можно определить, как система функционирует.

Прогнозируемое измерение описывает состояние каждой системной характеристики в будущем. При этом могут быть использованы различные методы прогнозирования:

- метод экспертных оценок;
- корреляционный и регрессионный анализ (выявление скрытых факторов);
- морфологический анализ (расчленение на части с последующим синтезом);
- сетевые методы;
- теория принятия решений и др.

Таким образом, любая система может быть описана четырьмя системными характеристиками, каждая из которых имеет четыре измерения.

Матрица системных характеристик может рассматриваться в качестве информационной модели системы, которая позволяет определить уровень и достаточность знаний об объекте исследования. Заполнение столбца, связанного с прогнозом, характеризует тенденции в функционировании системы, а контрольные измерения – уровни эффективности по различным параметрам.

Конструктивное определение характеризует объективно сложившуюся ситуацию в системе и ее потенциальную динамику. Реализация стратегии системного проектирования позволит выбрать оптимальное направление развития системы, наиболее близкое к эталонному. Важнейшим, основополагающим этапом при этом является определение функции системы, которая является системообразующей характеристикой. Это означает, что от выбора будут зависеть все характеристики и параметры системы: ее структура, система связей, информация, управление и, наконец, эффективность ее функционирования.

Матрица системных характеристик

Измерение		Физическое	Динамическое	Контрольное	Прогнозное
Характеристика					
Функция					
Вход					
Выход					
Процес- сор	Последовательность				
	Оснащение				
	Катализатор				
	Субъект труда				

Моделирование функции системы

Функция является основной системообразующей характеристикой, что определяет важность ее правильной и точной формулировки. Нельзя полагать, что функция определена, даже если система существует и хорошо известна. При более глубоком анализе может оказаться, что система в результате определенных взаимодействий выполняет какую-то не свойственную ей функцию, а не ту, ради которой система создавалась. Так, в условиях дефицита искажается функция торговли, связанная с удовлетворением потребительского спроса. В таких условиях торговля начинает работать против покупателя – сокрытие товара, спекуляция, усугубление дефицита, а иногда и прямой саботаж.

Выявление функции системы – сложный творческий процесс, который может осуществляться различными способами: методом экспертных оценок, с помощью методики построения так называемого «дерева целей», на основе метода неформальных дискуссий или игровых процедур.

Задача усложняется тем, что объектами исследования в экономике являются, в основном, большие и сложные системы, функции которых не поддаются однозначному определению. Такие системы полифункциональны, т.е. им присущи несколько функций. Остановимся на некоторых методах выявления функций.

Игровая процедура выявления функций осуществляется с помощью деловой игры САФО – Системный Анализ Функции Объекта. Вкратце ее суть и основная идея сводятся к следующему.

Большие сложные системы не только полифункциональны, но и полиструктурны, что означает возможность реализации одной и той же функции различными структурами, хотя и с разной степенью эффективности. Так, измерять время можно электронными, механическими, песочными, водяными, солнечными и другими часами.

Одна из команд выбирает некоторый объект и предлагает формулировку его функций. Их задача – сформулировать функцию так, чтобы формулировка как можно более точно отражала необходимость именно этого объекта. Затем выбранная функция передается во вторую команду, задачей которой является назвать как можно больше объектов, систем, которые подходят под данную формулировку. Для усиления игрового момента за каждый объект могут начисляться баллы, в спорных случаях происходит обсуждение.

Далее список объектов передается в первую команду, которая корректирует формулировку функции с учетом полученного списка. Скорректированная формулировка снова передается во вторую команду, где к ней подбираются системы. И так далее до тех пор, пока формулировка функции не будет соответствовать именно выбранному объекту.

Например, первая группа предлагает функцию: «разогреть пищу». Вторая группа формирует следующий список объектов: печка, примус, газовая плита, электроплита, костер, скороварка, электропечь, гриль, керосинка (9 объектов).

Первая группа: «подогревать пищу в походных условиях».

Вторая группа: примус, керосинка, костер (3 объекта).

Первая группа: «подогревать пищу в походных условиях при отсутствии технических средств».

Вторая группа: костер (1 объект).

Полезно также выявить возможные связи между функциями, анализ которых будет способствовать выявлению новых дополнительных «желательных» функций и устранению лишних. Зависимость функций может быть выявлена и представлена на основе использования метода «дерева целей».

«Дерево целей» представляет собой упорядоченную иерархию целей, выражающую их соподчиненность и внутренние взаимосвязи. Дерево целей - систематизированная запись всех необходимых составляющих для реализации функции.

Основным содержанием построения дерева целей является переход от глобальной цели к совокупности более мелких подцелей. Его построение основано на следующих положениях:

- формирование функции любой хозяйственной системы определяется целями системы более высокого уровня;
- цели высших уровней достигаются не непосредственно, а на основе достижения подцелей;
- цель системы нижних уровней иерархии является одновременно средством, ресурсом системы высшего уровня;
- средства достижения цели являются ее подцелями и становятся целями для нижестоящих уровней;
- при переходе на любой последующий нижний уровень иерархии имеет место детализация и разукрупнение целей;

Построение дерева целей требует соблюдения следующих требований:

- любая цель верхнего уровня должна быть представлена в виде подцелей следующего уровня таким образом, чтобы объединение понятия подцелей полностью определяло понятие исходной цели;
- в дерево целей не должны включаться альтернативные способы достижения целей;
- цели одного уровня должны быть сопоставимы по масштабу и значимости.

Контрольные вопросы:

1. Понятие метода аналогий.
2. Какие модели метода аналогий вы знаете?
3. Какие методы прогнозирования вы знаете?
4. Что такое матрица системных характеристик?
5. Что такое «дерево целей»?

Лекция 11. Понятие модели. Типы моделей в системном анализе

Модели и моделирование объединяют специалистов различных областей, работающих над решением межпредметных проблем, независимо от того, где эта *модель* и результаты *моделирования* будут применены. Вид *модели* и методы его исследования больше зависят от информационно-логических связей элементов и подсистем моделируемой системы, ресурсов, связей с окружением, используемых при *моделировании*, а не от конкретной природы, конкретного наполнения системы.

Построение *модели* - системная задача, требующая анализа и синтеза исходных данных, гипотез, теорий, знаний специалистов. Системный подход позволяет не только построить *модель* реальной системы, но и использовать эту *модель* для оценки (например, эффективности управления, функционирования) системы.

Модель - объект или описание объекта, системы для замещения одной системы (т.е. оригинала) другой системой для лучшего изучения оригинала или воспроизведения каких-либо его свойств. *Модель* - результат отображения одной структуры (изученной) на другую (малоизученную). Отображая физическую систему (объект) на математическую систему (например, математический аппарат уравнений), получим физико-математическую *модель* системы или математическую *модель* физической системы. Любая *модель* строится и исследуется при определенных допущениях, гипотезах.

Пример. Физиологическая система - система кровообращения человека - подчиняется некоторым законам термодинамики. Описывая эту систему на физическом языке законов, получим физическую, термодинамическую *модель* физиологической системы. Если записать эти законы на математическом языке, например, выписать соответствующие термодинамические уравнения, то уже получим математическую *модель* системы кровообращения. Назовем ее физиолого-физико-математической *моделью* или физико-математической *моделью*.

Слово *модель* (лат. modelium) означает мера, способ, сходство с какой-то вещью.

Моделирование базируется на математической теории подобия, согласно которой абсолютное подобие может иметь место лишь при замене одного объекта другим точно таким же. При *моделировании* большинства систем абсолютное подобие невозможно, и основная цель *моделирования* - *модель* достаточно хорошо должна отображать функционирование моделируемой системы.

Можно привести такую классификацию моделей. *Модели* бывают трех типов: *познавательные*, *прагматические* и *инструментальные*.

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

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

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

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

По уровню, "глубине" *моделирования модели* бывают:

эмпирические - на основе эмпирических фактов, зависимостей;

теоретические - на основе математических описаний;

смешанные, полуэмпирические - на основе эмпирических зависимостей и математических описаний.

Проблема *моделирования* состоит из трех задач:

построение *модели* (эта задача менее формализуема и конструктивна, в том смысле, что нет алгоритма для построения *моделей*);

исследование *модели* (эта задача более формализуема, имеются методы исследования различных классов *моделей*);

использование *модели* (конструктивная и конкретизируемая задача).

Моделирование - это универсальный метод получения, описания и использования знаний. Он используется в любой профессиональной деятельности. В современной науке и технологии роль и значение *моделирования* усиливается, актуализируется проблемами, успехами других наук.

Классификацию *моделей* проводят по различным критериям. Используем наиболее простую и практически значимую.

Модель называется **статической**, если среди параметров, участвующих в ее описании, нет временного параметра. *Статическая модель* в каждый момент времени дает лишь "фотографию" системы, ее срез.

Пример. Закон Ньютона $F=am$ - это *статическая модель* движущейся с ускорением a материальной точки массой m . Эта *модель* не учитывает изменение ускорения от одной точки к другой.

Модель динамическая, если среди ее параметров есть временной параметр, т.е. она отображает систему (процессы в системе) во времени.

Пример. *Модель* $S=gt^2/2$ - *динамическая модель* пути при свободном падении тела.

Модель дискретная, если она описывает поведение системы только в дискретные моменты времени.

Пример. Если рассматривать только $t=0, 1, 2, \dots, 10$ (сек), то *модель* $S_t=gt^2/2$ или числовая последовательность $S_0=0, S_1=g/2, S_2=2g, S_3=9g/2, \dots, S_{10}=50g$ может служить *дискретной моделью* движения свободно падающего тела.

Модель непрерывная, если она описывает поведение системы для всех моментов времени из некоторого промежутка времени.

Пример. Модель $S=gt^2/2$, $0 < t < 100$ непрерывна на промежутке времени (0;100).

Модель имитационная, если она предназначена для испытания или изучения возможных путей развития и поведения объекта путем варьирования некоторых или всех параметров модели.

Модель детерминированная, если каждому входному набору параметров соответствует вполне определенный и однозначно определяемый набор выходных параметров, в противном случае - модель недетерминированная, *стохастическая* (вероятностная).

Модель функциональная, если она представима в виде системы каких-либо функциональных соотношений.

Модель логическая, если она представима предикатами, логическими функциями.

Модель игровая, если она описывает, реализует некоторую игровую ситуацию между участниками игры (лицами, коалициями).

Модель алгоритмическая, если она описана некоторым алгоритмом или комплексом алгоритмов, определяющим ее функционирование, развитие.

Модель структурная, если она представима структурой данных или структурами данных и отношениями между ними.

Модель графовая, если она представима графом или графами и отношениями между ними.

Модель иерархическая (древовидная), если представима некоторой иерархической структурой (деревом).

Модель сетевая, если она представима некоторой сетевой структурой.

Модель языковая, лингвистическая, если она представлена некоторым лингвистическим объектом, формализованной языковой системой или структурой. Иногда такие модели называют вербальными, синтаксическими и т.п.

Пример. Правила дорожного движения - языковая, *структурная модель*

Модель визуальная, если она позволяет визуализировать отношения и связи моделируемой системы, особенно в динамике.

Модель натурная, если она есть материальная копия объекта *моделирования*.

Пример. Глобус - натурная географическая *модель* земного шара.

Модель геометрическая, графическая, если она представима геометрическими образами и объектами.

Тип *модели* зависит от информационной сущности моделируемой системы, от связей и отношений его подсистем и элементов, а не от его физической природы.

Основные свойства любой модели:

- целенаправленность - *модель* всегда отображает некоторую систему, т.е. имеет цель;
- конечность - *модель* отображает оригинал лишь в конечном числе его отношений и, кроме того, ресурсы *моделирования* конечны;
- упрощенность - *модель* отображает только существенные стороны объекта и, кроме того, должна быть проста для исследования или воспроизведения;
- приближительность - действительность отображается *моделью* грубо или приближительно;
- адекватность - *модель* должна успешно описывать моделируемую систему;
- наглядность, обозримость основных ее свойств и отношений;
- доступность и технологичность для исследования или воспроизведения;
- информативность - *модель* должна содержать достаточную информацию о системе (в рамках гипотез, принятых при построении *модели*) и должна давать возможность получить новую информацию;
- сохранение информации, содержащейся в оригинале;
- полнота - в *модели* должны быть учтены все основные связи и отношения, необходимые для обеспечения цели *моделирования*;
- устойчивость - *модель* должна описывать и обеспечивать устойчивое поведение системы, если даже она вначале является неустойчивой;
- целостность - *модель* реализует некоторую систему (т.е. целое);
- замкнутость - *модель* учитывает и отображает замкнутую систему необходимых основных гипотез, связей и отношений;
- адаптивность - *модель* может быть приспособлена к различным входным параметрам, воздействиям окружения;
- управляемость (имитационность) - *модель* должна иметь хотя бы один параметр, изменениями которого можно имитировать поведение моделируемой системы в различных условиях;
- эволюционируемость - возможность развития *моделей* (предыдущего уровня).

Контрольные вопросы:

1. Что такое модель?
2. Типы моделей.
3. Основные задачи моделирования.
4. Классификация моделей.
5. Свойства моделей.

ЛЕКЦИЯ 12. Основы моделирования систем. Эволюционное моделирование

Моделирование - метод системного анализа. *Модель*, построенная без учета связей системы со средой и ее поведения по отношению к этой среде, может часто лишь служить еще одним подтверждением следствия того, что в сложной изолированной системе могут существовать истины и выводы, корректные в этой системе и некорректные вне ее.

Наука *моделирования* состоит в разделении процесса *моделирования* (системы, *модели*) на этапы (подсистемы, подмодели), детальном изучении каждого этапа, взаимоотношений, связей, отношений между ними и затем эффективного описания их с максимально возможной степенью формализации и адекватности. В случае нарушения этих правил получаем не *модель* системы, а *модель* "собственных и неполных знаний".

Жизненный цикл моделируемой системы:

- сбор информации об объекте, выдвижение гипотез, предмодельный анализ;
- проектирование структуры и состава *моделей* (подмоделей);
- построение спецификаций *моделей*, разработка и отладка отдельных подмоделей, сборка *моделей* в целом, идентификация (если это нужно) параметров *моделей*;
- исследование *моделей* - выбор метода исследования и разработка алгоритма (программы) *моделирования*;
- исследование адекватности, устойчивости, чувствительности *моделей*;
- оценка средств *моделирования* (затраченных ресурсов);
- интерпретация, анализ результатов *моделирования* и установление некоторых причинно-следственных связей в исследуемой системе;
- генерация отчетов и проектных (народно-хозяйственных) решений;
- уточнение, модификация *моделей*, если это необходимо, и возврат к исследуемой системе с новыми знаниями, полученными с помощью *моделей* и *моделирования*.

Модели и *моделирование* применяются по основным направлениям:

- обучение (как *моделям*, *моделированию*, так и самих *моделей*);
- познание и разработка теории исследуемых систем (с помощью каких-либо *моделей*, *моделирования*, результатов *моделирования*);
- прогнозирование (выходных данных, ситуаций, состояний системы);
- управление (системой в целом, отдельными подсистемами системы), выработка управленческих решений и стратегий;
- автоматизация (системы или отдельных подсистем системы).

Потребность в прогнозе и адекватной оценке последствий осуществляемых человеком мероприятий (особенно негативных) приводит к необходимости моделирования динамики изменения основных параметров системы, динамики взаимодействия открытой системы с его окружением (ресурсы, потенциал, условия, технологии и т.д.), с которым осуществляется обмен ресурсами

При этом необходимо выделить и изучить достаточно полную и информативную систему параметров исследуемой системы и его окружения, разработать методику введения мер информативности и близости состояний системы.

Поэтому вводится понятие социально-экономических систем. Многие такие социально-экономические системы можно описывать с единых позиций, средствами и методами единой теории - эволюционной.

При *эволюционном моделировании* процесс моделирования сложной социально-экономической системы сводится к созданию модели его эволюции или к поиску допустимых состояний системы, к процедуре (алгоритму) отслеживания множества допустимых состояний.

При этом актуальны такие атрибуты биологической эволюционной динамики (в скобках даны возможные социально-экономические интерпретации этих атрибутов для *эволюционного моделирования*) как, например:

1. сообщество (корпорация, корпоративные объекты, субъекты, окружение);
2. видовое разнообразие и распределение в экологической нише (типы распределения ресурсов, структура связей в данной корпорации);
3. экологическая ниша (сфера влияния и функционирования, эволюции на рынке, в бизнесе);
4. рождаемость и смертность (производство и разрушение);
5. изменчивость (экономической обстановки, ресурсов);
6. конкурентные взаимоотношения (рыночные отношения);
7. память (способность к циклам воспроизводства);
8. естественный отбор (штрафные и поощрительные меры);
9. наследственность (производственные циклы и их предыстория);
10. регуляция (инвестиции);
11. самоорганизация и стремление системы в процессе эволюции максимизировать контакт с окружением в целях самоорганизации, возврата на траекторию устойчивого развития и другие.

При исследовании эволюции системы необходима ее декомпозиция на подсистемы с целью обеспечения:

1. эффективного взаимодействия с окружением;
2. оптимального обмена определяющими материальными, энергетическими, информационными, организационными ресурсами с подсистемами;
3. эволюционируемости системы в условиях динамической смены и переупорядочивания целей, структурной *активности* и сложности системы;
4. управляемости системы, идентификации управляющей подсистемы и эффективных связей с подсистемами системы, обратной связи.

При *эволюционном моделировании* социально-экономических систем полезно использовать и классические математические модели, и неклассические, структуру и иерархию подсистем (например, графы и структуры данных), опыт и интуицию (например, эвристические, экспертные процедуры).

Принцип *эволюционного моделирования* предполагает необходимость и эффективность использования методов и технологии искусственного интеллекта, в частности, экспертных систем.

Основная трудность при построении и использовании эволюционных моделей: в природе и познании, в которых эти модели и цели явно или неявно существуют, результаты функционирования системы, и достижения цели прослеживаемы часто лишь

по прошествии длительного периода времени, хотя в обществе и экономике человек стремится получить результаты в соответствии с целью явно и быстро, с минимальными затратами ресурсов.

Адекватным средством реализации процедур *эволюционного моделирования* являются *генетические алгоритмы*.

Идея *генетических алгоритмов* "подсмотрена" у систем живой природы, у систем, эволюция которых разворачивается в сложных системах достаточно быстро.

Генетический алгоритм - это алгоритм, основанный на имитации генетических процедур развития популяции в соответствии с принципами эволюционной динамики, часто используется для решения задач оптимизации (многокритериальной), поиска, управления.

Пример.

Работу банка можно моделировать на основе *генетических алгоритмов*. С их помощью можно выбирать оптимальные банковские проценты (вкладов, кредитов) некоторого банка в условиях конкуренции с тем, чтобы привлечь больше клиентов (средств). Тот банк, который сможет привлечь больше вкладов, клиентов и средств, и выработает более привлекательную стратегию поведения (эволюции) - тот и выживет в условиях естественного отбора. Филиалы такого банка (гены) будут лучше приспособляться и укрепляться в экономической нише, а, возможно, и увеличиваться с каждым новым поколением. Каждый филиал банка (индивид популяции) может быть оценен мерой его приспособленности и т.д.

Хотя *генетические алгоритмы* и могут быть использованы для решения задач, которые, видимо, нельзя решать другими методами, они не гарантируют нахождение оптимального решения.

Здесь более уместны критерии типа "достаточно хорошо и достаточно быстро". Главное же преимущество в другом: они позволяют решать сложные задачи, для которых не разработаны пока устойчивые и приемлемые методы, особенно на этапе формализации и структурирования системы.

Генетические алгоритмы эффективны в комбинации с другими классическими алгоритмами, а также в тех случаях, когда о множестве решений есть некоторая дополнительная информация, позволяющая настраивать параметры модели, корректировать критерии отбора, эволюции.

Контрольные вопросы:

1. Понятие моделирования.
2. Жизненный цикл моделируемой системы.
3. Назначение моделей и моделирования.
4. Эволюционное моделирование.
5. Понятие генетического алгоритма.

ЛЕКЦИЯ 13. Математическое и компьютерное моделирование

Математическая модель описывается математическими структурами, математическим аппаратом (числа, буквы, геометрические образы, отношения, алгебраические структуры и т.д.).

У математических моделей есть и дидактические аспекты - развитие модельного и математического стиля мышления, позволяющего вникать в структуру и внутреннюю логику моделируемой системы.

Основные операции математического моделирования:

1. *Линеаризация.*

Пусть дана математическая модель $M=M(X, Y, A)$, где X - множество входов, Y - множество выходов, A - множество состояний системы. Схематически можно это изобразить так: $X \rightarrow A \rightarrow Y$. Если X, Y, A - линейные пространства (множества), а $\Phi: X \rightarrow A$, $\Psi: A \rightarrow Y$ - линейные операторы (т.е. любые линейные комбинации), то система (модель) называется *линейной*. Все другие системы (модели) - нелинейные. Они труднее поддаются исследованию, хотя и более актуальны.

Нелинейные модели менее изучены, поэтому их часто линеаризуют - сводят к *линейным моделям* каким-то образом, какой-то корректной линеаризующей процедурой.

2. *Идентификация.* Пусть $M=M(X, Y, A)$, $A=\{a_i\}$, $a_i=(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ik})$ - вектор состояния объекта (системы). Если вектор a_i зависит от некоторых неизвестных параметров, то задача *идентификации* состоит в определении по некоторым дополнительным условиям, например, экспериментальным данным, характеризующим состояние, системы в некоторых случаях. *Идентификация* - задача построения по результатам наблюдений математических моделей некоторого типа, адекватно описывающих поведение системы.

Цель *идентификации* - построение надежной, адекватной, эффективно функционирующей гибкой модели на основе минимального объема информативной последовательности сообщений. Наиболее часто используемые методы *идентификации* систем (параметров систем): метод наименьших квадратов, метод максимального правдоподобия, экспертное оценивание и другие.

3. *Оценка адекватности* (точности) модели.

4. *Оценка чувствительности* модели (чувствительности к изменениям входных параметров).

5. *Вычислительный эксперимент* по модели. Это эксперимент, осуществляемый с помощью модели на ЭВМ с целью определения, прогноза тех или иных состояний системы, реакции на те или иные входные сигналы. Прибором эксперимента здесь является компьютер (и модель). Это процедура часто отождествляется с компьютерным моделированием.

Основные причины, несколько тормозящие выход математического моделирования на новые информационные технологии:

- традиционное описание модели системами математических уравнений, соотношений; в то же время, большинство плохо структурированных и плохо формализуемых систем описываются с помощью экспертных данных, эвристических и имитационных процедур, интегрированных пакетов программ, графических образов и т.д.;
- существующие средства описания и представления моделей на ЭВМ не учитывают специфику моделирования, нет единого представления моделей, генерации новых моделей по банку моделей;
- недооценка возможностей компьютера, который может делать больше, чем простая реализация алгоритма, как правило, структурируемого и/или реализуемого хорошо, отсутствие доступа к опыту моделирования на ЭВМ.

В базовой пятерке: **система** (исследуемая среда) - **модель** (описание среды) - **алгоритм** (программа) - **компьютер** (компьютерная технология) - **пользователь** (выработка решения) при компьютерном моделировании главную роль играют уже алгоритм (программа), компьютер и технология, точнее, инструментальные системы для компьютера, компьютерные технологии.

Специфические операции математического моделирования, например, *идентификация*, *линеаризация* не сводятся в ЭВМ к преобразованию в ней программ. Расширяется и область применения компьютера и компьютерных моделей.

Основные функции компьютера при моделировании систем:

- исполнение роли вспомогательного средства для решения задач, доступных и для обычных вычислительных средств, алгоритмам, технологиям;
- исполнение роли средства постановки и решения новых задач, не решаемых традиционными средствами, алгоритмами, технологиями;
- исполнение роли средства конструирования компьютерных обучающих и моделирующих сред;
- исполнение роли средства моделирования для получения новых знаний;
- исполнение роли "обучения" новых моделей (самообучение модели).

Компьютерное моделирование - основа представления знаний в ЭВМ (построения различных баз знаний). Компьютерное моделирование для рождения новой информации использует любую информацию, которую можно актуализировать с помощью ЭВМ. Прогресс моделирования связан с разработкой систем компьютерного моделирования, которые поддерживает весь жизненный цикл модели, а прогресс в информационной технологии - с актуализацией опыта моделирования на компьютере, с созданием банков моделей, методов и программных систем, позволяющих собирать новые модели из моделей банка. Автономные подмодели модели обмениваются информацией друг с другом через единую информационную шину - банк моделей, через базу знаний по компьютерному моделированию. Особенность компьютерных систем моделирования - их высокая интеграция и интерактивность. Часто эти компьютерные среды функционируют в режиме реального времени.

Вычислительный эксперимент - разновидность компьютерного моделирования.

Компьютерное моделирование и *вычислительный эксперимент* становятся новым инструментом, методом научного познания, новой технологией из-за возрастающей необходимости перехода от исследования *линейных* математических *моделей* систем к исследованию сложных и нелинейных математических моделей систем, анализ которых гораздо сложнее, а процессы в окружающем мире - нелинейны и стохастичны.

Компьютерное моделирование, от постановки задачи до получения результатов, проходит следующие *этапы компьютерного моделирования*.

1. Постановка задачи.
 1. Формулировка задачи.
 2. Определение цели и приоритетов моделирования.
 3. Сбор информации о системе, объекте моделирования.
 4. Описание данных (их структуры, диапазона, источника и т.д.).
2. Предмодельный анализ.
 1. Анализ существующих аналогов и подсистем.
 2. Анализ технических средств моделирования (ЭВМ, периферия).
 3. Анализ программного обеспечения (языки программирования, пакеты прикладных программ, инструментальные среды).
 4. Анализ математического обеспечения (модели, методы, алгоритмы).
3. Анализ задачи (модели).
 1. Разработка структур данных.
 2. Разработка входных и выходных спецификаций, форм представления данных.
 3. Проектирование структуры и состава модели (подмоделей).
4. Исследование модели.
 1. Выбор методов исследования подмоделей.
 2. Выбор, адаптация или разработка алгоритмов, их псевдокодов.
 3. Сборка модели в целом из подмоделей.
 4. Идентификация модели, если в этом есть необходимость.
 5. Формулировка используемых критериев адекватности, устойчивости и чувствительности модели.
5. Программирование (проектирование программы).
 1. Выбор метода тестирования и тестов (контрольных примеров).
 2. Кодирование на языке программирования (написание команд).
 3. Комментирование программы.
6. Тестирование и отладка.
 1. Синтаксическая отладка.
 2. Семантическая отладка (отладка логической структуры).
 3. Тестовые расчеты, анализ результатов тестирования.
 4. Оптимизация программы.
7. Оценка моделирования.
 1. Оценка средств моделирования.
 2. Оценка адекватности моделирования.
 3. Оценка чувствительности модели.
 4. Оценка устойчивости модели.
8. Документирование.
 1. Описание задачи, целей.
 2. Описание модели, метода, алгоритма.
 3. Описание среды реализации.

4. Описание возможностей и ограничений.
5. Описание входных и выходных форматов, спецификаций.
6. Описание тестирования.
7. Создание инструкций для пользователя.
9. Сопровождение.
 1. Анализ применения, периодичности использования, количества пользователей, типа использования (диалоговый, автономный и др.), анализ отказов во время использования модели.
 2. Обслуживание модели, алгоритма, программы и их эксплуатация.
 3. Расширение возможностей: включение новых функций или изменение режимов моделирования, в том числе и под модифицированную среду.
 4. Нахождение, исправление скрытых ошибок в программе, если таковые найдутся.
10. Использование модели.

Математическое моделирование только в последнее время становится на технологическую основу. Компьютерное моделирование, в отличие от математического, используется сравнительно недавно, хотя эти технологии моделирования тесно связаны. Компьютерное моделирование, как правило, применяется тогда, когда не удается построить математической аналитической модели или же такая модель трудоемка для исследования.

Контрольные вопросы:

1. Основное отличие математической модели.
2. Основные операции математического моделирования.
3. Основные функции компьютера при моделировании систем.
4. Что такое вычислительный эксперимент?
5. Этапы компьютерного моделирования.

ЛЕКЦИЯ 14. Аналитический метод исследований

Аналитический метод, изначально, органически присущий человеческому мышлению, в явной форме был осознан, выделен и сформулирован как самостоятельный технический прием познания в XVII в.

Так, Р. Декарт писал: "Расчлените каждую изучаемую вами задачу на столько частей (...), сколько потребуется, чтобы их было легко решить".

Успех и значение аналитического метода состоит не только и не столько в том, что сложное целое расчленяется на все менее сложные (и, в конечном счете, простые) части, а в том, что, будучи соединены надлежащим образом, эти части снова образуют единое целое. Этот момент агрегирования частей в целое является конечным этапом анализа, поскольку *лишь только после этого мы можем объяснить целое через его части — в виде структуры целого.*

Аналитический метод имеет колоссальное значение в науке и на практике. Разложение функций в ряды, дифференциальное и интегральное исчисление, разбиение неоднородных областей на однородные с последующим "сшиванием" решений — в математике, анализаторы спектров, всевозможные фильтры, исследования атомов и элементарных частиц.

Формализация описания любой системы или процесса есть способ их упрощения. То же относится к самому системному анализу и к каждой из используемых в нем операций. К числу наиболее употребительных операций системного анализа относятся: разделение целого на части и объединение частей в целое. Их алгоритмизация — актуальная задача.

Фактом фундаментальной важности является то, что декомпозиция выполняется по содержательной модели проблеморазрешающей системы. Поэтому качество анализа прямо связано с полнотой используемой модели.

Модели систем как основания декомпозиции

Основной операцией анализа является разделение целого на части. Задача распадается на подзадачи, система — на подсистемы, цели — на подцели и т.д. При необходимости этот процесс повторяется, что приводит к иерархическим древовидным структурам. Обычно объект анализа сложен, слабо структурирован, плохо формализован, поэтому операцию декомпозиции выполняет эксперт. Если поручить анализ одного и того же объекта разным экспертам, то полученные древовидные списки будут различаться. Качество построенных экспертами деревьев зависит как от их компетентности в данной области знаний, так и от применяемой методики декомпозиции.

Обычно эксперт легко разделяет целое на части, но испытывает затруднения, если требуется доказательство полноты и безызбыточности предлагаемого набора частей. Стремясь перейти от чисто эвристического, интуитивного подхода к более осознанному, алгоритмическому выполнению декомпозиции, мы должны объяснить, почему эксперт разделяет целое именно так, а не иначе, и именно на данное, а не на большее или меньшее, число частей. Объяснение состоит в том, что *основанием всякой декомпозиции является модель рассматриваемой системы.*

Операция декомпозиции представляется теперь как сопоставление объекта анализа с некоторой моделью, как выделение в нем того, что соответствует элементам взятой

модели. Поэтому на вопрос, сколько частей должно получиться в результате декомпозиции, можно дать следующий ответ: столько, сколько элементов содержит модель, взятая в качестве основания. Вопрос о полноте декомпозиции — это вопрос завершенности модели.

Итак, объект декомпозиции должен сопоставляться с каждым элементом модели-основания. Однако и сама модель-основание может с разной степенью детализации отображать исследуемый объект. Например, в системном анализе часто приходится использовать модель типа "жизненный цикл", позволяющую декомпозировать анализируемый период времени на последовательные этапы от его возникновения до окончания. С помощью такой декомпозиции шахматную партию можно разбить на дебют, миттельшпиль и эндшпиль; в жизни человека принято различать молодость, зрелость и старость, но можно выделять и более мелкие этапы, например детство, отрочество и юность. Такое же разнообразие может иметь место и при декомпозиции жизненного цикла любой проблемы. Разбиение на этапы дает представление о последовательности действий, начиная с обнаружения проблемы и кончая ее ликвидацией (иногда такую последовательность рассматривают как "алгоритм системного анализа").

Всякий анализ проводится для чего-то, и именно эта цель анализа и определяет, какую систему следует рассматривать. Система, с которой связан объект анализа, и система, по моделям которой проводится декомпозиция, не обязательно совпадают, и хотя они имеют определенное отношение друг к другу, это отношение может быть любым: одна из них может быть подсистемой или надсистемой для другой, они могут быть и разными, но как-то связанными системами.

Например, анализируя цель "выяснить этиологию и патогенез ишемической болезни сердца", в качестве исследуемой системы можно взять сердечно-сосудистую систему, а можно выбрать конкретный кардиологический институт. В первом случае декомпозиция будет порождать перечень подчиненных подцелей научного, во втором — организационного характера.

Однако чаще всего в практике системного анализа в качестве глобального объекта декомпозиции берется нечто, относящееся к проблемосодержащей системе и к исследуемой проблеме, а в качестве оснований декомпозиции берутся модели проблеморазрешающей системы.

Какие модели брать за основания декомпозиции? Следует помнить, что при всем практически необозримом многообразии моделей формальных типов моделей немного: это модели "черного ящика", состава, структуры, конструкции (структурной схемы) — каждая в статическом или динамическом варианте. Это позволяет организовать нужный перебор типов моделей, полный или сокращенный, в зависимости от необходимости.

Связь между формальной и содержательной моделями:

Основанием для декомпозиции может служить только конкретная, содержательная модель рассматриваемой системы. Выбор формальной модели лишь подсказывает, какого типа должна быть модель-основание; формальную модель следует наполнить содержанием, чтобы она стала основанием для декомпозиции. Это позволяет несколько прояснить вопрос о полноте анализа, который всегда возникает в явной или неявной форме.

Полнота декомпозиции обеспечивается полнотой модели-основания, а это означает, что, прежде всего, следует позаботиться о полноте формальной модели. Благодаря формальности, абстрактности такой модели часто удается добиться ее абсолютной

полноты.

Итак, полнота формальной модели должна быть предметом особого внимания. Поэтому одна из важных задач информационного обеспечения системного анализа и состоит в накоплении наборов полных формальных моделей (в искусственном интеллекте такие модели носят название *фреймов*).

Полнота формальной модели является необходимым, но не достаточным условием для полноты декомпозиции. В конечном счете, все зависит от полноты содержательной модели. Фрейм лишь привлекает внимание эксперта к необходимости рассмотреть, что именно в реальной системе соответствует каждому из составляющих фрейм элементов, а также решить, какие из этих элементов должны быть включены в содержательную модель. Это очень ответственный момент (ведь то, что не попадет в модель-основание, не появится в дальнейшем анализе) и очень трудный (заранее не всегда "очевидно", что данная компонента должна войти в основание).

Чтобы сохранить полноту и возможность расширения содержательной модели, можно рекомендовать осуществлять логическое замыкание перечня ее элементов компонентой "все остальное". Эта компонента, как правило, окажется "молчащей", поскольку к ней отнесено все, что кажется несущественным, но ее присутствие будет постоянно напоминать эксперту, что, возможно, он не учел что-то важное.

Контрольные вопросы:

1. Когда возник аналитический метод?
2. Что такое аналитический метод?
3. Понятие декомпозиции.
4. Понятия формальной и содержательной моделей.
5. Что такое фрейм?

ЛЕКЦИЯ 15. Анализ и синтез системных исследований

Рассмотрим вопрос о соотношении анализа и синтеза в человеческом познании. Их единство позволяет понять окружающий мир. Это относится ко всем отраслям знаний. Анализ и синтез системных решений является прямым продолжением аналитического метода исследований.

Сочетание анализа и синтеза в системном исследовании

Многие философы и естествоиспытатели обращали внимание на то, что роль синтеза не сводится только к "сборке деталей", полученных при анализе. Среди специалистов по системному анализу особенно настойчиво выделяет эту мысль Р.Акофф. Он подчеркивает значение целостности системы; эта целостность нарушается при анализе, при расчленении системы утрачиваются не только существенные свойства самой системы ("разобранный автомобиль не поедет, расчлененный организм не способен жить"), но исчезают и существенные свойства ее частей, оказавшихся отделенными от нее ("оторванный руль не рулит, отделенный глаз не видит"). Поэтому, отмечает Р.Акофф, результатом анализа является лишь вскрытие структуры, знание о том, как система работает, но не понимание того, почему и зачем она это делает. Синтетическое мышление требует объяснить поведение системы. Оно существенно отличается от анализа: на первом шаге анализа вещь, подлежащая объяснению, разделяется на части; в синтетическом мышлении она должна рассматриваться как часть большого целого.

На втором шаге анализа объясняются содержимые части. На последнем шаге анализа знание о частях агрегируется в знание о целом. Синтетическое мышление открывает не структуру, а функцию; оно открывает, почему система работает так, а не то, как она делает это.

Таким образом, не только аналитический метод невозможен без синтеза (на этом этапе части агрегируются в структуру), но и синтетический метод невозможен без анализа (необходима дезагрегация целого для объяснения функций частей). Анализ и синтез дополняют, но не заменяют друг друга. Системное мышление совмещает оба указанных метода.

Так как в настоящее время все еще преобладает аналитический (редукционистский) подход в исследованиях, то имеет смысл привести дополнительные аргументы, привлекающие внимание к синтетическим (экспансионистским) методам.

Особенности синтетических методов:

Во-первых, аналитический метод приводит к достижению наивысших результатов, если целое удастся разделить на независимые друг от друга части, поскольку в этом случае их отдельное рассмотрение позволяет составить правильное представление об их вкладе в общий эффект (как в случае интегрального исчисления, мозаики, накопления денег и пр.). Однако случаи, когда система является "суммой" своих частей, не правило, а редчайшее исключение. Правилom же является то, что вклад данной части в общесистемный эффект зависит от вкладов других частей. Поэтому, например, если заставить каждую часть функционировать наилучшим образом, то в целом эффект не будет наивысшим. Можно сказать, что, отобрав лучшие в мире карбюратор, двигатель, фары, колеса и т.д., мы не только не получим самого лучшего автомобиля, но вообще не сможем собрать машину, так как детали машин разных марок не подойдут друг к другу. Итак, при анализе "неаддитивных" систем следует делать акцент на рассмотрение не

отдельных частей, а их взаимодействия. Это существенно более трудная задача.

Во-вторых, идеалом, конечной целью аналитического метода является установление причинно-следственных отношений между рассматриваемыми явлениями. Нечто считается познанным, полностью понятым лишь в том случае, если известна его причина (совокупность условий, необходимых и достаточных для реализации следствия). Однако это далеко не всегда достижимо. Даже в тех случаях, когда имеет место причинно-следственное описание (т.е. когда условия, входящие в причину, действительно перечислимы), все остальное должно быть исключено. Для причинно-следственного отношения не существует понятия окружающей среды, так как для следствия ничего, кроме причины, не требуется.

Примером служит закон свободного падения тел, справедливый, если отсутствуют все другие силы, кроме силы тяготения.

Однако когда мы имеем дело со сложными системами, исключить "ненужные", "неинтересные" взаимодействия бывает невозможно не только практически, но и абстрактно (при необходимости сохранить адекватность модели).

Имеется два способа описать такую ситуацию. Один состоит в отображении "беспричинной" компоненты поведения системы либо "объективной случайностью", либо "субъективной неопределенностью" (происходящей от незнания), либо их сочетанием. Другой вытекает из синтетического, экспансионистского метода и состоит в признании того, что отношение "причина — следствие" является не единственно возможным и приемлемым описанием (объяснением) взаимодействия. Более адекватной моделью взаимодействия оказывается отношение "продуцент — продукт", характеризуемое тем, что продуцент является необходимым, но не достаточным условием для осуществления продукта.

Например, желудь является для дуба продуцентом, а не причиной, поскольку кроме желудя для произрастания дуба необходимы почва, влага, воздух, свет, тепло, сила тяготения и т.д. Таким образом, *для получения продукта необходимы и другие условия, которые и образуют окружающую среду.*

Итак, можно сформулировать, что анализ и синтез являются неэлементарными действиями, которые содержат более простые операции декомпозиции и агрегирования.

Опасность неполноты анализа следует иметь в виду всегда (примеры последних лет — проблема Арала, проблемы Байкала и т.д.). Один из приемов (не дающий полной гарантии, но иногда полезный) — предлагать экспертам выявлять не только доводы в пользу рассматриваемого проекта, но и сопровождать его обязательным указанием возможных отрицательных последствий. В частности, в классификатор выходов (конечных продуктов) любой системы помимо полезных продуктов обязательно должны быть включены *отходы*.

Невозможность доведения декомпозиции до получения элементарного фрагмента, является не отрицательным, а также положительным результатом. Хотя при этом сложность не ликвидируется полностью, но ее сфера сужается, обнаруживается и локализуется истинная причина этой сложности. Знание о том, что именно мы не знаем, быть может, не менее важно, чем само позитивное знание.

Правда, вокруг таких результатов часто возникает атмосфера неприятия. Даже существует выражение - "отрицательный результат - тоже результат". Так было в начале века с "ультрафиолетовой катастрофой" до возникновения квантовой механики, похожая

ситуация сейчас сложилась с объяснением природы шаровой молнии.

Однако если в науке *сложность из-за непонимания* расценивается как временно неустранимое и терпимое явление, то в управлении (т.е. в деловых, административных, политических вопросах) она часто воспринимается как неприемлемый вариант, ведущий к недопустимой отсрочке решения. Не потому ли именно в управлении нередко прибегают к интуитивным и волевым решениям?

Итак, если рассматривать анализ как способ преодоления сложности, то полное сведение сложного к простому возможно лишь в случае сложности из-за неинформированности; в случае сложности из-за непонимания. Анализ не ликвидирует сложность, но локализует ее, позволяет определить, каких именно сведений нам не хватает.

В действительности не только обнаружение нехватки конкретных знаний все-таки является новым знанием (раньше нам было неизвестно, что именно мы не знали), но и по-иному скомбинированные фрагменты старых знаний также обладают новыми качествами.

Контрольные вопросы:

1. Какова роль синтеза в системных исследованиях?
2. Особенности синтетических методов.
3. Конечная цель аналитического метода.
4. Объясните взаимосвязь аналитического метода и синтеза.
5. Связь анализа и синтеза с декомпозицией и агрегированием.

Лекция 16. Особенности исследования хозяйственных систем

Хозяйственные системы – это совокупность процессов, в которых ресурсы и знания преобразуются в удовлетворение общественных потребностей.

Хозяйственные системы – системный объект. Свойствами хозяйственных систем являются экономические законы. Хозяйственная система обладает всеми свойствами больших сложных систем. Вспомним: большая сложная система – это система, которая, во-первых, состоит из большого числа разнообразных элементов; во-вторых, это недетерминированная, т.е. не поддающаяся полному описанию система; в-третьих, это система с развитым механизмом обратных связей и т.д.

Хозяйственные системы являются динамическими развивающимися системами. Хозяйственные системы являются открытыми системами. Процесс функционирования хозяйственных систем обращен и во вне – на нужды общества, и вовнутрь – на саму хозяйственную систему.

По обусловленности действия хозяйственные системы не являются детерминированными системами.

В силу быстрого обновления результатов хозяйствования в области научно-технических открытий, в области производства продуктов и услуг и т.п., в силу динамизма общественных потребностей хозяйство и хозяйственные системы меньшего масштаба в современных условиях утратили статистическую устойчивость и приобрели неопределенность нестохастического вида.

По происхождению хозяйственная система является естественной системой, однако в условиях, когда существует возможность и, более того, необходимость вмешательства в хозяйственную систему как в целое, хозяйственная система приобретает черты искусственных систем.

В настоящее время хозяйственные системы обычно рассматриваются

- как производственно – технологическая система, элементами которой являются сырье и средства его переработки, объединенные заданной технологией;
- как кибернетическая система, т.е. как совокупность управляющей и управляемой подсистемы, связанных потоками информации;
- как совокупность процессов формирования стоимости, где элементами являются, например, основные средства и оборотные фонды.

Теория хозяйственных систем рассматривает хозяйственную систему, каждый элемент которой осуществляет преобразование ресурсов и знаний в полезные результаты.

Особенности хозяйства как системы

Первая и **главная** особенность хозяйственных систем в отличие от систем технических и живых состоит в том, что свойство целенаправленного поведения есть свойство каждого элемента структуры хозяйственной системы. Каждый структурный

элемент хозяйственной системы имеет в своем составе человека с присущим ему целенаправленным поведением.

Целенаправленным поведением обладает тот элемент, который имеет объективную возможность автономно выбирать и менять цели своего функционирования.

Из этой особенности вытекает важное следствие для теории и практики управления в хозяйственных системах. Деление хозяйственных систем на управляющие и управляемые, используемое во многих работах по управлению, не отвечает действительному типу взаимодействия между отдельными блоками хозяйственной системы.

Эффективное управление в хозяйственной системе невозможно без построения специального механизма увязки и согласования целенаправленности всех его частей.

Второе специфическое свойство хозяйственных систем – организация в направлении постоянно изменяющихся внешних факторов, к которым они должны приспособляться. Такая способность хозяйственной системы обеспечивается подвижным ядром.

Ядро – те элементы системы, разрушение которых даже в незначительной степени сводит к нулю работоспособность системы.

Состав конкретного ядра хозяйственной системы меняется в зависимости от конкретного списка общественных потребностей. Эта особенность ставит под сомнение утверждение об иерархичности хозяйства как системы. Отношения подчинения, существующие между звеньями хозяйственной системы, являются отношениями административного подчинения, обусловленного наличием и распределением ресурса власти в хозяйственной системе. Доминирующим типом экономических отношений между звеньями хозяйственной системы являются отношения обмена деятельностью, что соответствует неиерархичности хозяйства как экономической системы.

Третья особенность хозяйственных систем связана со специфическими способами адаптации в изменяющейся среде.

В технических и живых системах в качестве основного механизма адаптации к внешним изменениям выступает «включение» и «выключение» связей, принадлежащих устойчивому списку. Гибкость системы достигается за счет большого (избыточного) числа потенциально возможных связей. Хозяйственная система адаптируется не только и не столько путем «переключения» связей, сколько за счет изменения самого множества потенциальных связей вследствие перестроения своей структуры. Устойчивость хозяйственной системы обеспечивается, прежде всего, реформированием, т.е. изменяемостью его структуры.

Кроме рассмотренных трех важнейших, можно назвать ряд других особенностей: исключительно неустойчивое разнообразие (как по составу, так и по численным характеристикам) внешних факторов, воздействующих на хозяйственную систему; отсутствие свойства статистической устойчивости; наличие черт и естественных, и искусственных систем; отсутствие устойчивого ядра, т.е. определенной, неизменной группы элементов, ликвидация которых полностью парализует систему и др.

Поскольку хозяйственные системы обладают рядом особенностей, постольку для них необходима специальная проработка условий использования принципов системного исследования.

Системный подход в экономике – это, прежде всего, средство решения задач нестатистического типа. Системный анализ выступает в качестве процедуры сбора и обработки информации по поставленной задаче преобразования объекта. Причем, если отдельные части этой процедуры могут выступать в качестве формулировки и решения статистических задач, то их композиция носит нестатистический характер.

Контрольные вопросы:

1. Что такое хозяйственные системы?
2. Свойства хозяйственных систем.
3. Особенности хозяйственных систем.
4. Понятие ядра хозяйственной системы.
5. Чем обеспечивается устойчивость хозяйственных систем?

ЛЕКЦИЯ 17. Методы принятия решений и деловые игры

Принятие хозяйственных решений, направленных на разрешение проблемных ситуаций, может осуществляться на базе использования различных методов, которые могут быть условно разделены на три большие группы:

1. Инструктивные.
2. Аналитические.
3. Имитационные.

К **инструктивным** методам относятся решения, принимаемые на основе правил и процедур, заложенных в нормативных документах – постановлениях, приказах, инструкциях и т.п.

Являясь неотъемлемой частью системы экономических методов в условиях централизованного управления, нормативные документы регламентируют работу хозяйственных звеньев, значительно ограничивая свободу выбора при принятии решений, ориентируя их на тенденции развития хозяйственного механизма.

При переходе к рыночным условиям эти методы не утратили своего значения, хотя приобрели некоторые новые специфические черты в период становления хозяйственного законодательства. Количество нормативных документов возрастает, содержание их становится менее определенным, что расширяет свободу выбора при разрешении проблемных ситуаций за счет возможностей различной трактовки нормативных положений.

Аналитические методы разрешения проблемных ситуаций связаны с использованием аппарата экономико-математического моделирования. Такие решения предполагают наличие свободы выбора и возможности оценивать различные альтернативные решения, выбирая вариант, оптимизирующий хозяйственную деятельность по какому-либо критерию или критериям.

Арсенал аналитических методов, применяемых в экономике, достаточно обширен и разнообразен. Сюда относятся модели математического программирования, методы сетевого планирования, теория массового обслуживания, модели управления запасами, теория надежности и другие.

В период становления экономико-математического моделирования на него возлагались очень большие надежды в том смысле, что можно создать модель оптимального управления, охватывающую все аспекты функционирования народного хозяйства. Время показало, что это не так, что оптимизационные модели эффективны лишь для решения достаточно специфических хозяйственных задач с хорошо структурируемой проблемной ситуацией.

К третьей группе относятся **имитационные** модели принятия решений, в основе которых лежит моделирование хозяйственного процесса, обычно на базе ЭВМ, с целью изучения его характеристик и реакций на запланированные или случайные воздействия. За счет многократной реализации на ЭВМ появляется возможность проанализировать полученную информацию о поведении системы в различных условиях.

Классическим примером имитационного моделирования является метод системной динамики, разработанный американским ученым Д. Форрестером.

На основе этого метода была, в частности, создана модель, имитирующая развитие экономики. Результаты реализации этой модели показали, что при условии сохранения существующих тенденций мировое сообщество ожидает истощение ресурсов, падение жизненного уровня и уменьшение численности населения.

Далее в модель вводилось предположение о появлении возможных технических решений и анализировались их последствия с целью определить, если не оптимальный в строгом смысле слова, то наиболее приемлемый путь развития мировой экономики.

Достоинства имитационных методов, их гибкость к изменяющимся условиям, поставили их на первое место по сравнению с другими методами. В США, например, большая часть задач общекорпоративного уровня, решается на основе имитации.

Конечно, для успешного использования этих методов необходимы развитая техническая база, соответствующий уровень программного обеспечения, высококвалифицированный персонал.

Игровая имитация разрешения проблемных ситуаций

Одним из интенсивно развивающихся направлений имитационного моделирования является так называемое игровое моделирование или деловые игры.

Деловая игра – это имитация реальной хозяйственной ситуации группой лиц, представляющих различные интересы различных структурных подразделений системы. По сравнению с другими методами моделирования, в деловых играх создаются хозяйственные ситуации, наиболее близкие к реальной действительности. Кроме того, участники не только принимают решения, но имеют возможность увидеть их последствия, оценить результаты и скорректировать свои действия.

Существует несколько определений деловых игр, подчеркивающих различные особенности данного класса моделей хозяйственной действительности. Вот некоторые из них:

Деловая игра – имитация группой лиц хозяйственной или организационной деятельности в учебных или исследовательских целях на модели экономической системы.

Деловыми играми называются модели взаимодействия людей в процессе достижения поставленных целей экономического или престижного характера.

Деловая игра – имитация, живое моделирование процесса принятия решений в условиях соперничества сторон или расхождения их частных целей.

Определяющий признак любой деловой игры – это воспроизведение хозяйственной деятельности в условной обстановке, которая моделируется по определенным правилам, и в необходимой степени приближается к действительности. Так, экспериментальная деловая игра может служить своеобразной проверкой готовности подразделений к нештатным ситуациям, способствовать выработке наилучших взаимодействий в различных условиях. Например, еще в 30-е годы на Шатурской ГЭС была создана и проведена игра для тренировки персонала по быстрой ликвидации аварии.

Достоинства учебных деловых игр еще более очевидны. Деловая игра обычно конструируется таким образом, что решения, принимаемые участниками игры, аналогичны реальным хозяйственным решениям.

Вместе с тем, как уже отмечалось, игровое моделирование управленческой деятельности имеет ряд преимуществ в плане обучения:

Во-первых, сжатый масштаб времени, позволяющий проследить последствия принимаемых решений в долговременном аспекте.

Во-вторых, игровая модель позволяет осуществить разносторонний анализ эффективности, как отдельного решения, так и стратегии каждого участника игры в целом.

В-третьих, негативные последствия неверных управленческих решений сказываются лишь на игровых оценках.

Контрольные вопросы:

1. Основные группы методов принятия решений.
2. Что относится к инструктивным методам?
3. Связь аналитических методов с моделированием.
4. Что лежит в основе имитационных методов?
5. Понятие деловых игр и их назначение.

ЛЕКЦИЯ 18. Принятие решений по выбору стратегий

Среди разнообразных управленческих решений установление цены на продукцию или ресурсы занимает особо важное место. Рассмотрим вопрос принятия решений на примере принятия решений по выбору ценовой стратегии. Это связано с тем, что цена является определяющим фактором функционирования как рыночной системы в целом, так и каждого ее структурного элемента.

Разработка ценовой политики представляет собой определение стратегической линии поведения фирмы по формированию уровня цен на различных этапах функционирования. Ценовая стратегия служит основой принятия решений в отношении цены продажи в каждой конкретной сделке.

Существуют различные виды ценовой стратегии.

Стратегия высоких цен или стратегия «снятия сливок»

предусматривает продажу товара первоначально по высоким ценам, значительно выше цены производства, а затем постепенное их снижение. Стратегия высоких цен обеспечивает быструю окупаемость вложенных средств. Как правило, такая политика оказывается возможной при реализации нового высококачественного товара.

Наиболее приемлемые условия использования стратегии:

- высокий уровень текущего спроса;
- ограниченность конкуренции и непривлекательность высокой начальной цены для фирм-конкурентов;
- невысокая чувствительность к цене группы потребителей, приобретающих товар;
- относительно невысокий уровень издержек производства.

Этот вид стратегии находит на рынке все большее распространение. Особенно активно он применяется в условиях, когда на рынке наблюдается превышение спроса над предложением и фирма занимает монопольное положение в производстве нового товара. Эта стратегия приемлема для условий низкой эластичности спроса, когда рынок пассивно реагирует или не реагирует вообще на снижение цен или их низкий уровень.

Впоследствии, когда рынок оказывается насыщенным, фирма идет на снижение цены на данный товар.

Стратегия низких цен или стратегия «проникновения», «прорыва» на рынок

предусматривает первоначальную продажу товара по низким ценам с целью стимулировать спрос, одержать победу в конкурентной борьбе и завоевать массовый рынок. Фирма добивается успеха на рынке, вытесняет конкурентов, а затем поднимает цены на свой товар. Однако в настоящее время крайне трудно использовать такую ценовую политику, поскольку для большинства фирм практически невозможно обеспечить себе монопольное положение на рынке.

Стратегия низких цен неприемлема для рынков с низкой эластичностью спроса. Она эффективна на рынках с большим объемом производства и высокой эластичностью спроса, когда покупатели чутко реагируют на низкий уровень цен и резко увеличивают объемы закупок.

Существует модификация этого вида стратегии, когда низкие цены позволяют фирме «прорваться» на рынок, являясь стимулятором роста объемов продаж, но в дальнейшем они не повышаются, а сохраняются на низком уровне и даже сокращаются. Прибыль обеспечивается за счет роста объемов продаж. Кроме того, при выпуске товара в большом количестве, его себестоимость и сбытовые расходы сокращаются.

Стратегия низких цен может быть обусловлена:

- чувствительностью рынка к ценам и высокой эластичностью спроса;
- непривлекательностью низкой цены для активных и потенциальных конкурентов;
- сокращением издержек производства и обращения по мере увеличения объемов производства и сбыта данного товара.

Стратегия дифференцированных цен

активно применяется в торговой практике компаний, которые устанавливают определенную шкалу возможных скидок и надбавок к среднему уровню цен для различных рынков, их сегментов и покупателей: с учетом разновидностей покупателей, расположения рынка и его характеристик, времени покупки, вариантов товаров и их модификаций.

Стратегия дифференцированных цен предпочтительна при соблюдении ряда условий:

- легко сегментируемом рынке;
- наличии четких границ рыночных сегментов и высокой интенсивности спроса;
- невозможности перепродажи товаров из сегментов с низкими ценами в сегменты с высокими ценами;
- невозможность продажи конкурентами товаров по низким ценам в сегменте, в котором фирма продает товары по высоким ценам;
- отсутствие отрицательных реакций со стороны покупателей на дифференцированные цены;
- непротиворечие существующему законодательству выбранной дифференцированной формы установления цен;
- покрытие издержек на реализацию стратегии.

Стратегия дифференцированных цен позволяет «поощрять» или «наказывать» различных покупателей, стимулировать или несколько сдерживать продажи товаров на различных рынках. Ее частными случаями являются стратегии льготных и дискриминационных цен.

При стратегии льготных цен

льготные цены устанавливаются на товары для покупателей, в которых фирма-продавец имеет определенную заинтересованность. Кроме того, политика льготных цен может проводиться как временная мера стимулирования продаж, например, для привлечения покупателей на распродажи.

Льготные цены, как правило, устанавливаются ниже издержек производства – демпинговые цены. Применяются они в целях стимулирования продаж для постоянных покупателей, в целях подрыва с помощью ценовой политики слабых конкурентов, а также при необходимости освободить складские помещения от залежалого товара.

Стратегия дискриминационных цен

применяется по отношению к определенным сегментам рынка – к покупателям, не ориентирующимся в рыночной обстановке или нежелательным для фирмы-продавца, или же проявляющим крайнюю заинтересованность в приобретении данного товара.

Иногда фирма вынуждена идти на такую стратегию, когда правительство проводит общую дискриминационную политику по отношению к стране, в которой функционирует фирма-покупатель: установление высоких вывозных или ввозных пошлин, установление обязательного правила пользования услугами местного посредника и др.

Стратегия единых цен или установление единых цен для всех потребителей

эта стратегия укрепляет доверие потребителей, легко применима, удобна, делает возможным продажи по каталогам, посылочную торговлю. Однако стратегия единых цен

применяется не часто и, как правило, ограничена временными, географическими и товарными рамками.

Стратегия гибких, пластичных цен

предусматривает изменение уровня продажных цен в зависимости от возможности покупателя торговаться и его покупательной силы. Гибкие цены, как правило, используют при заключении индивидуальных сделок по каждой партии неоднородных товаров.

Стратегия ценового лидера

предусматривает либо соотнесение фирмой своего уровня цен с динамикой и характером цен фирмы-лидера на данном рынке по конкретному товару, либо заключение соглашения (как правило, негласного) с лидером на данном рынке или его сегменте, т.е. в случае изменения цены лидером фирма также производит соответствующее изменение цены на свои товары.

Подобная стратегия цен внешне весьма привлекательна и удобна для фирм, не желающих или не имеющих возможности проводить свои собственные разработки ценовой стратегии, однако она и опасна, чрезмерно сковывая ценовую политику фирмы, она может привести к серьезным ошибкам и просчетам (например, лидер проводил ошибочную стратегию или предпринял обманный ход и т.д.). В конце 70-х годов многие фирмы отказались от ценовой стратегии следования за лидером и с целью добиться резкого роста продаж обратились к стратегии гибких цен.

Стратегия конкурсных цен

связана с проведением агрессивной ценовой политики фирм-конкурентов – со снижением ими цен – и предполагает проведение двух видов ценовой стратегии в целях укрепления положения фирмы на рынке.

В первом случае продавец также проводит ценовую атаку на своих конкурентов и снижает цену до такого же или еще более низкого уровня, стремясь не потерять, а наоборот, повысить свою долю на рынке.

Снижение цен дает эффект на рынках и его сегментах, характеризующихся высокой эластичностью спроса. Основой для снижения цен служит снижение издержек производства и обращения. Такая стратегия используется также для тех рынков, потерять долю на которых крайне опасно.

Во втором случае фирма-продавец не меняет цены, несмотря на то, что фирмы-конкуренты произвели снижение цен, в результате чего норма прибыли от продаж для нее сохраняется, но происходит постепенная потеря доли рынка.

Такая ценовая стратегия осуществляется на рынках с низкой эластичностью спроса, где не наблюдается резко отрицательная реакция покупателей в отношении сохранения высокого уровня цен, где фирмы-конкуренты невелики и им трудно выделить капиталовложения на расширение производства, когда снижение цен может привести к значительной потере прибыли и когда у фирмы-продавца есть уверенность, что она в состоянии восстановить утерянные на рынке позиции за счет своего высокого престижа у покупателей.

Стратегия престижных цен

предусматривает продажу товаров по высоким ценам и рассчитана на сегменты рынка, обращающие особое внимание на качество товара и товарную марку (имеющие низкую эластичность спроса); а также чутко реагирующие на фактор престижности, т.е. потребители не приобретают товары и услуги по ценам, которые считают слишком низкими.

Стратегия престижных цен, также как и неокругленные цены, относится к группе ценовых стратегий, основанных на психологическом ценообразовании.

Стратегия неокругленных цен

предусматривает установление цен ниже круглых цифр. Такие цены покупатели воспринимают как свидетельство тщательного анализа фирмой своих цен и желание установить их на минимальном уровне.

Стратегия цен массовых закупок

предполагает продажу товара со скидкой в случае закупки его в больших количествах. Такая стратегия дает эффект, если можно ожидать немедленного значительного увеличения закупок, увеличения потребления товара, привлечения внимания к товару покупателями конкурирующих фирм, решения задачи освобождения складов от устаревших, плохо продаваемых товаров.

Стратегия стабильных, стандартных, неизменных цен

предусматривает продажу товаров по неизменным ценам в течение длительного периода. Характерна для массовых продаж, как правило, однородных товаров, по которым на рынке выступает большое число фирм-конкурентов. В этом случае независимо от места продажи в течение довольно длительного времени для любого покупателя товары продаются по одной и той же цене.

Эффективность выбора той или иной стратегии ценообразования в реальной ситуации, наряду с другими управленческими решениями, определяет уровень эффективности функционирования или степень процветания конкретной фирмы.

В условиях игровой имитации рыночной ситуации используется специальный показатель, в качестве которого чаще всего выступает прибыль.

Контрольные вопросы:

1. Назовите виды ценовой стратегии.
2. Условия использования стратегии высоких цен.
3. Почему трудно использовать стратегию низких цен?
4. Условия стратегии дифференцированных цен.
5. Расскажите о стратегии льготных цен.

Лекция 19. Классификация управленческих решений

Решение по своему содержанию представляет собой внутреннюю мыслительную деятельность субъекта (индивидуального или коллективного), которая направлена на разрешение определенной проблемы.

Можно выделить 4 основных момента, характеризующих решение:

- 1) наличие выбора;
- 2) наличие цели;
- 3) сознательность выбора;
- 4) завершенность действием.

Первый, самый главный, момент – наличие выбора.

Принимая решение, выбирают одну из возможных линий поведения, одно из возможных действий. Если существует единственный способ достижения поставленной цели, то проблемы выбора не возникает. Поэтому наличие нескольких альтернатив есть объективно необходимое условие принятия решения. Иногда одна из альтернатив может состоять в том, чтобы не принимать никакого решения. Поэтому при принятии решения разработка возможно большего списка альтернатив представляет собой особо важную задачу. Как правило, сначала рассматривается список альтернатив, употреблявшихся ранее. При невозможности принятия решения на старой основе обращаются к расширению списка альтернатив

Второй момент – ориентация на одну или несколько целей. Необходимость принятия решения обуславливается наличием одной или нескольких целей, которые должны быть достигнуты. При этом одновременно достигнуть хороших результатов для достижения всех возможных целей практически никогда не удается. Поэтому само по себе принятие решения есть компромисс (повышение качества продукции обычно ведет к повышению ее себестоимости).

Кроме этого необходимо сопоставить ближайшие цели и перспективы. Достижение целей требует затрат, сами цели могут иметь очень разные «веса», в связи с этим они часто находятся в конфликте между собой, поэтому и здесь необходим компромисс.

В этом смысле принять решение – это смириться с перевесом одних внешних влияний над другими.

Третий момент – сознательность выбора. Это означает, что выбор должен быть основан на мыслительном процессе. Инстинктивное, необдуманное, импульсивное действие – не есть решение. Принимая решения, необходимо учитывать, к какому результату (исходу) приведет то или иное действие, для того, чтобы выбрать из них лучшее. Для того чтобы выбрать одну из альтернатив, о которых известно, к каким результатам, при каких условиях эти альтернативы могут привести, необходим критерий.

Критерий представляет собой правило или показатель, с помощью которого осуществляется сравнение альтернативных решений. Критерий необходим не только для того, чтобы можно было объективно сопоставить различные варианты и выбрать наилучший из них. Критерий позволяет судить о том, в какой степени принимаемое решение обеспечивает достижение поставленной цели.

Выбрать единственный критерий часто бывает весьма сложной задачей. Обычно критерий выбирают из целого списка показателей: затраты, производительность труда, использование оборудования, качество продукции или услуги и т.п.

Четвертый момент – это завершенность действием. Действие в отличие от решения является внешне наблюдаемым, наиболее четко проявляющимся поведением человека, целью которого является реализация принятого решения.

Рассмотрение четырех элементов решения позволяет сформулировать следующие определения.

Решение – это предварительно обдуманый выбор из нескольких вариантов возможного поведения, направленный на достижение одной или нескольких целей, приводящий к практическим результатам.

Хозяйственное решение – акт выбора действия с целью его перевода из одного состояния в другое. Хозяйственные решения принимаются во всех звеньях структуры хозяйственной системы. Хозяйственные решения следует отличать от управленческих.

Управленческое решение есть «социальный акт, подготовленный на основе вариантного анализа и оценки, принятый в установленном порядке, имеющий директивное общеобязательное значение, содержащий постановку целей и обоснование средств их осуществления, организующий практическую деятельность субъектов и объектов управления».

Решения, принимаемые в хозяйственной практике, должны быть своевременными и законными. Решение не должно быть преждевременным, т.е. принятым до наступления условий, которые обеспечивают его допустимость и доступность. С другой стороны, нельзя запаздывать с принятием решения, т.к. в этом случае решение превращается в формальность. Требование законности означает, что решения принимаются только в рамках предоставляемых прав, кроме того, решения не должны противоречить решениям вышестоящих органов и принятым ранее решениям.

Решения, принимаемые в практической деятельности людей, весьма многообразны, для них имеется множество причин и оснований, они преследуют разные цели и т.п. Однако все решения обладают общими чертами, что позволяет разрабатывать универсальные процедуры принятия решений, и обладают особенностями, на основании которых можно разрабатывать не столь универсальные, зато более конкретные процедуры выработки и принятия решений. Поэтому проблему классификации решений имеет как теоретическое, так и практическое значение.

Из общих признаков решений выделяют сложность и неопределенность, во многом определяющие выбор методов их разработки и принятия.

Необходимым признаком **сложного решения** является наличие нескольких несводимых друг к другу критериев. Таким образом, по сложности решения делятся на: однокритериальные и многокритериальные. Если требуется максимизировать или минимизировать значение единственного критерия, то соответствующее этому решение называется **оптимальным**. При принятии сложных решений, направленных на максимизацию (минимизацию) значений нескольких противоречащих друг другу критериев, отыскиваются так называемые Парето - оптимальные решения. Решение **Парето – оптимально**, если значение любого из критериев можно улучшить лишь за счет ухудшения значений остальных критериев.

Неопределенность характеризует условия, в которых принимается решение. Для принятия решений всегда требуются какие-либо сведения. Информация представляет собой исходный материал для принятия решения.

В условиях определенности каждому решению, а, следовательно, и действию, можно сопоставить единственный результат, который характеризуется определенной оценкой его эффективности (соответствующей выбранному критерию).

Риск – мысленное решение задачи и претворение его в жизнь в особо трудной ситуации, когда нет твердой уверенности в положительном исходе, но есть некоторая надежда на успех. В условиях риска каждое решение а, следовательно, и действие, приводит к одному из целого множества возможных результатов.

В условиях неопределенности каждое решение, а, следовательно, и действие, приводит к одному из целого множества возможных результатов, но вероятности появления этих результатов неизвестны. В этом случае отсутствует возможность оценить параметр эффективности на основе объективных данных.

Лицом, принимающим решения, может быть как один человек, так и группа, имеющая общий интерес. В соответствии с этим выделяются индивидуальные, групповые, смешанные и коллективные решения. Хозяйственное решение может быть принято уполномоченным должностным лицом в пределах его компетенции. Такое решение будет *индивидуальным*. Решение может быть выработано группой лиц совместно, при этом расширяются возможности углубленного анализа, уменьшаются возможности ошибки. Такое решение будет *групповым*.

Решение может быть принято одним лицом, но не самостоятельно, а с помощью коллективных совещательных органов (например, научно-технических советов). Такое решение будет *смешанным*. Решение может быть принято коллегиально действующим органом. Такое решение будет *коллективным*.

Кроме этого решения классифицируются по:

- содержанию: по организационным вопросам, по финансовым вопросам, по вопросам планирования и т.д.;
- повторяемости: программированные (повторяющиеся) и непрограммированные (оригинальные);
- компетентности: традиционные, на основе здравого смысла, профессиональные;
- времени действия: длительного действия, разовые, непрерывного действия, для решения определенных задач.

А также решения подразделяются по важности; по объему и направленности содержащихся в них указаний и рекомендаций; по значимости содержащихся в них мероприятий; по степени обязательности их выполнения ответственными лицами и т.д.

Полезность проведенных классификаций легко обнаруживается и подтверждается в практике управления, когда многое зависит от умения избрать наиболее правильный тип решения, учесть необходимые требования и условия.

Контрольные вопросы:

1. Опишите моменты, характеризующие решение.
2. Объективно необходимое условие принятия решения.
3. Понятие критерий.
4. Что такое хозяйственные и управленческие решения?
5. Что такое риск?

ЛЕКЦИЯ 20. Системные принципы решения проблем

Принципы системного исследования позволяют дать такой анализ ситуации, который заставил бы людей прийти к единому мнению и выработать вариант действий, который может быть всеми признан «наилучшим» для организации в целом.

Искусству принятия решений можно учиться. Нельзя избавиться от необходимости жертвовать одними целями ради достижения других, но можно выяснить связи между этими целями, осознать компромисс между решениями. Нельзя избавиться от неопределенности. Но можно ясно выразить эту неопределенность, разумно уменьшить ее с учетом информации, сознательно действовать в этих условиях. Системные принципы принятия решений не навязывают предпочтений, но помогают действовать более предпочтительно (разумно), исходя из сложившейся системы предпочтений. Действовать разумно – действовать эффективно и в согласии с собственным опытом.

Американский социолог доктор М. Рубинштейн выделил 10 принципов, которых он советует придерживаться при принятии любых решений:

- 1) Прежде чем вникать в детали, постарайся получше представить проблему в целом.
- 2) Не принимай решения, пока не рассмотришь все возможные варианты. Часто лучший выход – попробовать сразу несколько решений и сделать окончательный вывод уже после получения первых результатов.
- 3) Сомневайся. Даже общепринятые истины должны вызывать сомнения. Так, до Эдисона существовало представление о том, что свет можно получить, уменьшая сопротивление проводников. Эдисон усомнился в этом и увеличил сопротивление. Результат известен.
- 4) Старайся взглянуть на стоящую перед тобой проблему с самых разных точек зрения, даже если шансы на успех кажутся самыми минимальными. Иногда вместо того, чтобы двигаться вперед шаг за шагом, лучше «пойти назад», т.е. от желаемой цели к проблеме.

Например, требуется определить количество матчей в турнире претендентов на звание чемпиона. Если всего участников 24, то прямой путь решения состоит, очевидно, в следующем: $12+6+3+2$. Если «пойти назад» и понять, что каждому из участников следует проиграть лишь один раз, то ответ очевиден: 23.

- 5) Ищи модель или аналогию, которая поможет тебе лучше понять сущность проблемы. Это может быть словесная модель или графическая, символическая или математическая и др. Главное их назначение – получить новую информацию об интересующей нас проблеме.
- 6) Задавай как можно больше вопросов. Правильно заданный вопрос порою может радикально изменить содержание ответа. Вспомним о Хаммурапи, правителе древнего Вавилона, который заменил вопрос: «Что надо сделать, чтобы люди могли добраться до источника воды?» – вопросом: «Как сделать, чтобы вода пришла к людям?».
- 7) Не удовлетворяйся первым решением, которое придет к тебе в голову. Постарайся найти его слабые места, попробуй найти другое решение. Используй тесты для проверки результата.
- 8) Перед принятием окончательного решения поговори с кем-нибудь о своих проблемах. Беседа поможет упорядочить проблему, увидеть в ней новые аспекты.
- 9) Не пренебрегай своими чувствами. Конечно, ведущая роль логического мышления и здравого рассудка в анализе проблем и принятии решений не подлежит сомнению. Но нельзя приуменьшать значение, которое имеют чувства и интуиция.
- 10) Помни, что каждый человек смотрит на жизнь и возникающие повседневно проблемы со своей, особенной точки зрения. Разница во взглядах на жизнь – основное

препятствие на пути принятия решения, которое могло бы удовлетворить всех. Следует помнить, что в наше динамичное время системы ценностей меняются чуть ли не каждый год и все чаще приходится решать проблемы, аналогичных которым в прошлом не было.

Кроме специальных принципов принятия решений необходимо руководствоваться общими принципами системного исследования, такими как принцип системности и моделирования, метод черного ящика и идеализация, разработка системных классификаторов-инвариантов и выявление функций и др.

В практике управления нередко допускаются ошибки, связанные, главным образом, с несистемным мышлением, с отступлением от принципов диалектического подхода к рассмотрению проблем:

- наиболее частой ошибкой является односторонность в рассмотрении и иногда трудно преодолимая тенденция остановиться на первом найденном решении. Односторонность мышления при решении экономических и технических вопросов нередко связана с тем, что некоторые люди вместо объективного рассмотрения проблемы судорожно цепляются за параграф официальной инструкции, даже не пытаются искать решение, если оно не соответствует официальному порядку;
- использование при решении вопросов недостаточной или односторонней информации и, как результат, субъективность суждений и выводов;
- неправильное применение аналогий;
- поспешное обобщение на основании отдельного факта, рассматриваемого оторвано от всей ситуации и других фактов;
- подмена главной проблемы второстепенной, подмена проблемы ее следствием и т.п.

На принятие решения существенное влияние оказывает острота постановки задачи. Острота отражает время, отведенное на принятие решения и размер изменений, которые необходимо осуществить.

В принятии решений необходимо использовать (учитывать) особенности ситуации, требующей принятия решения, а также богатый личный опыт самих руководителей. Принципы принятия решений направлены не на то, чтобы подменить или поставить под сомнение ценный опыт и интуицию руководителя. Наоборот, все усилия направляются на то, чтобы в максимальной степени использовать этот наиболее существенный фактор в принятии решений.

В ходе поиска оптимальных решений человеку приходится вырабатывать большое число вариантов, для сравнения которых часто отсутствуют формализованные методы. Здесь решающее значение имеют творческие возможности лица, принимающего решение.

Разработаны специальные методы стимулирования творчества. Среди таких методов наиболее известным является метод «мозгового штурма» или «мозговой атаки», который призван стимулировать группу лиц к быстрому генерированию большого количества идей.

Этот метод предусматривает обсуждение проблемы в группе специально отобранных лиц при соблюдении следующих правил:

- а) запрет критики любых идей;
- б) стимулирование любых, даже фантастических идей;

в) комбинация разных идей.

Метод «мозговой атаки» можно использовать на любом этапе принятия решения, как для генерации идей, так и для получения новой информации.

Другим методом, целью которого является направление спонтанной деятельности мозга и нервной системы на исследование проблемы и преобразование информации является **синектика**.

Метод синектики включает в себя 4 этапа:

Первый этап. Подбирается группа из трех приглашенных со стороны специалистов. Критериями отбора являются гибкость мышления, диапазон знаний (предпочтительнее специалисты, менявшие свои профессии), контрастность психологических типов.

Второй этап. Группе предоставляется возможность попрактиковаться в использовании аналогий при ориентировании спонтанной деятельности мозга на решение предложенной проблемы. Используются аналогии четырех типов:

а) прямые, которые чаще всего находят в биологических системах, решающих сходные проблемы;

б) субъективные, основанные на попытке представить себе, как можно было бы использовать собственное тело для достижения искомого результата;

в) символические, основанные на метафорах, когда характеристики одного предмета отождествляются с характеристиками другого (дерево решений);

г) фантастические, в которых вещи представляются такими, какими бы их хотелось видеть, например, хотелось бы, чтобы дорога существовала лишь там, где ее касаются колеса автомобиля.

Использование аналогий приучает членов группы преодолевать свою боязнь раскрыть друг перед другом свои глубокие личные мысли.

Третий этап. Группе передаются сложные проблемы, реально возникающие в деятельности хозяйственной системы.

Последовательность решения проблемы такова:

а) формулировка проблемы;

б) дискуссия, в ходе которой члены группы выясняют свои взгляды на очевидные решения;

в) поиск аналогий, позволяющих выразить «заданную» проблему в терминах, хорошо знакомых группе;

г) определение главных трудностей и противоречий, препятствующих решению проблемы;

д) поиск решений по каждому из типов аналогий.

Аналогии здесь используются для того, чтобы «превратить привычное в необычное». Такое преобразование значительно повышает степень мысленной реконструкции известных из прошлого опыта ситуаций в формы, совместимые с заданной проблемой.

Четвертый этап. Результаты работы группы оцениваются и внедряются.

Создание группы синектики позволяет обойти препятствия, стоящие на пути решения проблем в недрах существующей хозяйственной системы. К таким препятствиям относятся:

а) косность людей, ответственных за внесение изменений;

б) недостаток времени и др.

Синектика используется только для исследования проблемы, реальность которой уже доказана, и решение которой будет внедряться другими людьми. Синектика дает

хорошие результаты при наличии сильного руководителя, который сменяется в зависимости от рассматриваемой проблемы. Существует ряд способов изменения подхода к решению проблемы, когда работа зашла в тупик. Эти способы можно разделить на несколько типов, каждый из которых может оказаться достаточным для ликвидации тупиковой ситуации:

Тип первый. Преобразование имеющегося неудовлетворительного решения или какой-либо его части. Могут использоваться следующие преобразования:

- а) использовать по-другому;
- б) приспособить;
- в) модифицировать;
- г) усилить;
- д) ослабить;
- е) заменить;
- ж) перекомпоновать;
- з) объединить.

Можно использовать синонимы. Так, если необходимо решить проблему предотвращения образования луж на тротуарах вокруг зданий во время сильных ливней, то можно взять за основу такой заведомо непригодный способ, как дожидаться естественного испарения воды из луж. Затем нужно подобрать синоним к слову «испариться», например, исчезнуть, рассосаться, скрыться, улетучиться, выветриться и т.д. Эти слова наталкивают на возможное решение проблемы. Например, «скрыться» наводит на мысль о решетчатом настиле; «улетучиться» – на мысль об отсасывании воды с помощью специальной машины и т.д.

Тип второй. Поиск новых взаимосвязей между частями имеющегося неудовлетворительного решения.

Тип третий. Переоценка проблемной ситуации. Поставленный в тупик распорядитель пишет предложение, характеризующее его проблему, и заменяет в нем каждое слово на синоним. Например, предложение, описывающее возникшее затруднение: «Допуски при обработке вызовут несовмещение двух поверхностей». Используя синонимы: «Неровности сварочного шва вызовут зазор двух прилегающих друг к другу плоскостей». Отсюда возникают решения:

- а) заменить сварку другим процессом;
- б) предусмотреть зазор;
- в) предусмотреть прокладку;
- г) изготовить неплоские поверхности и т.п.

К этому же третьему типу ликвидации тупиковых ситуаций можно отнести перечень рекомендаций по стимулированию творчества, разработанный С. Грегори.

В этот перечень включены такие рекомендации как:

- а) разделить проблему на части и выделить главную;
- б) использовать аналогии;
- в) сделать «дикие» предположения;
- г) взять правдоподобное, но заведомо неправильное решение и предложить специалистам раскритиковать его;
- д) взять невозможное решение и попросить раскритиковать его;
- е) отрицать, что проблема вообще существует;
- ж) оставить на время работу и предаться какому-либо приятному занятию, в случае, если все остальные способы не дали желаемого результата.

Несмотря на кажущуюся легковесность, все описанные методы основаны на серьезных принципах. При очевидном отсутствии решения они позволяют либо расширить область поиска, либо выбрать для него новую область. Ввиду возрастающей новизны областей поиска в крупных и сложных проблемах эти методы могут оказаться пригодными для решения крупномасштабных проблем.

Контрольные вопросы:

1. Назовите принципы, используемые при принятии решений.
2. На что направлены принципы принятия решений?
3. Правила метода «мозговой штурм».
4. Этапы метода синектики.
5. Типы способов для ликвидации тупиковых ситуаций.

ЛЕКЦИЯ 21. Этапы системного анализа проблем

Решение есть акт выбора альтернативы, а процесс принятия решения включает в себя кроме выбора еще и разработку альтернативных вариантов решения, т.е. процесс принятия решения представляет собой процесс разработки и выбора альтернативных вариантов действий, с помощью которых достигается поставленная цель.

Процесс принятия решения включает в себя следующие шаги:

- 1) выявление проблемной ситуации;
- 2) построение информационной модели проблемной ситуации;
- 3) постановка хозяйственной задачи;
- 4) принятие решения.

Первый этап процесса включает в себя:

- 1) осознание ситуации как проблемной;
- 2) установление проблем и выбор проблемы для решения;
- 3) описание свойств и установление класса проблемной ситуации;
- 4) установление источника проблемной ситуации;
- 5) формулировка проблемы.

Неверное решение может быть принято по следующим причинам:

- а) недостаточность или несвоевременность информации;
- б) недостаточная компетентность руководителя;
- в) неверная формулировка проблемы.

Дополнительными причинами могут быть острота постановки задачи, высокая неопределенность деятельности и результата.

Выделяются три свойства проблемной ситуации: определенность, информативность, потенциальная эффективность:

1. Определенность проблемной ситуации – это возможность исчерпать список допустимых действий, рассмотреть все возможные альтернативы.

2. Информативность проблемной ситуации – это возможность сопоставления допустимых действий. Степень информативности проблемной ситуации может быть различной в зависимости от формулировки проблемной ситуации, от выбранных для ее описания параметров и характеристик.

3. Потенциальная эффективность проблемной ситуации – это объективно обусловленная мера сокращения уровня неудовлетворенности интересов при разрешении проблемной ситуации.

Проблемные ситуации разнообразны. Однако все проблемные ситуации могут быть классифицированы по признакам изменения состояния. Выделяют три таких признака:

- а) изменение скорости процессов;
- б) изменение направления процессов;
- в) изменение содержания процессов.

Скорость является источником проблемной ситуации, когда желаемое и реализованное состояние имеют одинаковую структуру, но характеризуются разными скоростями процессов.

Направление является источником проблемной ситуации, когда для достижения желаемого результата необходимо изменить пропорцию ресурсов. Изменение направления всегда связано с изменением скорости.

Содержание процессов является источником проблемной ситуации, когда реальное состояние и желаемое не совпадают по составу элементов. Разрешение проблемных ситуаций такого типа означает качественное преобразование. Оно включает в себя и изменение скорости развития, и направления.

Второй этап процесса принятия решений включает в себя:

- 1) выявление функции искомого решения;
- 2) сбор необходимых данных;
- 3) классификацию данных.

Расширяя пространство поиска альтернатив, функция искомого решения уточняет («сужает») содержание необходимой информации.

Для чего нужен сбор данных? Часть фактических данных получается в процессе предварительного анализа проблемной ситуации и формулировки проблемы. Однако для четкой постановки задачи требуются дополнительные данные. Источником необходимых фактов могут служить результаты научных исследований, данные эксперимента, статистика, суждения и мысленный эксперимент, натурные обследования.

Для получения информации часто единственным источником может служить опрос или собеседование. При проведении опроса необходимо соблюдать определенные правила:

- Как результат беседы нужны сами факты, а не их оценка или предложения;
- Не следует давать сбиваться собеседнику на вопросы, не имеющие отношения к делу, но при этом стараться не прерывать его;
- Не давать сбивать себя на решение операционных вопросов типа: как это сделать?;
- Стараться избегать широких обобщений типа «все так делают» или голословных утверждений.

Системный подход выдвигает ряд принципов исследования, одним из которых является разработка системных классификаторов-инвариантов. В соответствии с этим принципом системная классификация данных о проблемной ситуации должна быть инвариантной содержанию и целям решения проблемной ситуации: функция, начальные и конечные условия искомого решения, связи, среда, условия преобразования, а также субъективный фактор.

В таблице представлены определения указанных характеристик, а также сформулированы вопросы, для ответа на которые следует собирать фактические данные. Каждая характеристика описывается по состоянию на данный момент времени (физическое измерение); по ее изменению во времени (динамическое измерение); по ее отношению к аналогичной проблемной ситуации, выбранной для сравнения (сравнительное измерение).

Характеристика проблемной ситуации

Характеристика проблемной ситуации	Дескриптивное определение характеристики проблемной ситуации	Вопрос, ответ на который определяет искомую характеристику
Функция искомого решения	Характеристика искомого состояния, с помощью основного признака его наступления	Для чего необходимо искать решение?
Начальные условия искомого решения	Ресурсы, затрагивающие интересы в связи с данной проблемной ситуацией	Что имеется для разрешения данной проблемной ситуации?
Конечные условия искомого решения	Форма (вид) искомого решения	Что нужно для разрешения проблемной ситуации?
Связи	Схема связи элементов по наличию и направленности взаимодействий между ними	Как связаны между собой условия искомого решения?
Среда	Элементы среды, которые выступают как активные факторы, воздействующие на переход к искомому состоянию	В какой обстановке сложилась проблемная ситуация?
Условия преобразования	Условия перехода в искомое состояние, соблюдение которого обязательно при любом решении	Какие ограничения накладываются на искомое решение?
Субъективный фактор	Характеристика других центров, непосредственно влияющих на возникновение и ликвидацию проблемной ситуации	Кто будет обеспечивать разрешение проблемной ситуации?

Таким образом, информационная модель проблемной ситуации представляет собой описание семи характеристик, представленных в трех измерениях. Соответствующая такому описанию классификационная таблица (7x3) называется решеткой информационной модели проблемной ситуации.

Информационная модель проблемной ситуации – главный момент в процессе принятия решения. Она создает информационную основу.

Контрольные вопросы:

1. Процесс принятия решений и его шаги.
2. Свойства проблемной ситуации.
3. Признаки проблемной ситуации.
4. Каковы правила опроса?
5. Что такое решетка информационной модели проблемной ситуации?

ЛЕКЦИЯ 22. Системное проектирование

Системный анализ можно рассматривать как некоторый процесс, содержащий подготовку, выбор и обоснование проекта решения. В отличие от традиционного подхода, который начинается с традиционного обследования существующего состояния системы, системное проектирование основано на создании идеала, эталона, который кладется в основу построения практически реализуемой системы.

Однако, поскольку система определяется как единство входа, выхода и процессора, предназначенных для реализации необходимой функции, системное проектирование начинается не с создания идеальной системы, а с определения функции. Таким образом, в стратегии системного проектирования можно выделить 4 этапа:

1. Выявление функции.
2. Построение эталонной системы.
3. Построение работоспособной системы.
4. Внедрение и контроль за функционированием системы.

Этап 1. Выявление функции

Определение функции системы – это первый, наиболее трудный и важный этап стратегии системного проектирования. Без четкого и ясного представления о назначении системы невозможно построение, анализ и улучшение рассматриваемого объекта.

В процессе выявления функции используются следующие аксиомы:

- В качестве системы может быть рассмотрен любой уровень социально-экономических (хозяйственных) систем;
- Каждая система состоит из систем меньшего уровня;
- Каждая система есть часть большей системы;
- Для каждой системы могут быть определены системы одного с ней уровня, так называемые параллельные или горизонтальные;
- Каждая система может быть отнесена к одному из трех классов: существующие, удовлетворительно функционирующие системы; существующие системы, работающие неудовлетворительно; несуществующие системы (прогнозируемые);
- Любой системе может быть дано конструктивное определение, т.е. она может быть описана с помощью матрицы системных характеристик.

На основе использования приведенных выше методов для каждой системы может быть сформулировано множество присущих ей функций. Процедура системного анализа предполагает, что все возможные для системы функции должны быть перечислены, зафиксированы, упорядочены.

Упорядочение производится следующим образом: выбирается самая простая основная функция, так называемая минимальная, несократимая, отражающая суть функционирования данной системы. Например, для продовольственного магазина: «продавать продукты питания». Далее происходит расширение минимальной функции путем усложнения формулировки, отражающего повышение требований к

предназначению системы. В примере это может быть: «снабжать население продуктами питания». Понятно, что эта формулировка включает в себя первоначальную, но является ее расширением. Еще большее расширение функции содержит следующая формулировка: «удовлетворять потребности населения в продовольственных товарах».

Полученное расширение функции анализируется с тем, чтобы выбрать основную формулировку, в наибольшей степени отражающую смысл существования данной системы. Эта формулировка ложится в основу дальнейших шагов процедуры системного анализа.

Прежде чем перейти к следующему этапу стратегии системного проектирования, следует по всем характеристикам выявить имеющиеся ограничения, препятствующие наиболее высокой эффективности в реализации выбранной функции.

Этап 2. Построение эталонной системы

Процедура системного анализа основана на концепции поиска системы «от идеала». При этом понятие идеальной (эталонной) системы является научной абстракцией и не предполагает попыток ее практической реализации. Она будет служить своего рода ориентиром при выборе направления развития системы.

Эталонная система рассматривается в качестве *теоретической* идеальной системы, если необходимая функция достигается без затрат в нулевое время. Фактически это означает отсутствие всех ограничений, которые существуют в реальной жизни.

В качестве ориентира для дальнейшего конструирования выбирается *допустимая* эталонная система – такая идеальная модель объекта, ограничения на функционирование которой, в принципе, могут быть сняты. При этом затраты на разработку, внедрение и эксплуатацию такой системы на данном этапе во внимание не принимаются.

Существует несколько принципов построения эталонных систем.

Принцип *снятия функции* предполагает в качестве идеальной такую ситуацию, когда вообще исчезает необходимость в функционировании данной системы. Например, химчистка не станет нужна, если будут использоваться незагрязняющиеся ткани – теоретически идеальная система; или вещи одноразового использования – допустимая идеальная система.

Принцип *минимум разнообразия входа* рассматривает возможность использования на входе одного (или ограниченного) количества элементов, которые, однако – что очень существенно – обеспечивают необходимое разнообразие выходных параметров. Например, в строительстве могут быть использованы такие унифицированные блоки, из которых можно сконструировать любое здание (допустимая идеальная система).

Минимум разнообразия выхода предполагает создание такой идеальной системы, которая бы обеспечивала высокую эффективность унифицирования за счет одного или очень ограниченного количества элементов выхода. Например, предприятие общественного питания может удовлетворять потребности населения в своих услугах, изготовив пусть одно, но очень вкусное, питательное и недорогое блюдо, которое бы удовлетворило любым, самым взыскательным вкусам покупателей. Кстати, в соответствии с этим принципом работает известная фирма «Макдональд».

Принцип *автоматизации* состоит в конструировании идеальной системы, в которой преобразование входа в выход осуществляется без участия людей. Пример – полностью автоматизированное предприятие.

Последний принцип – *полное использование ресурсов и времени* – связан с проблемами создания безотходных производств, безбумажных технологий, замкнутого цикла и тому подобными вопросами конструирования современных, экологически чистых предприятий.

Приведенные принципы не исчерпывают все возможности построения эталонных систем. С другой стороны, не все они применимы для любой конкретной системы, это зависит от ее специфики. Задача исследователя состоит в том, чтобы выбрать допустимую эталонную систему, определяющую наиболее перспективное направление развития конкретного объекта.

Этап 3. Построение работоспособной системы

Этот этап начинается со сбора информации, необходимой для детального проектирования и внедрения системы. Далее разрабатываются альтернативные варианты решений для отдельных элементов идеальной системы, которые не являются работоспособными в настоящих условиях.

Затем устанавливаются критерии оценки системы, с помощью которых выбирается вариант решения, подлежащий детализации и внедрению.

Этап 4. Внедрение и контроль за функционированием системы

На этом этапе составляется план внедрения, перечень работ и график их выполнения. После внедрения производится оценка деятельности системы с позиции системы более высокого уровня. Производится оценка изменений, произошедших в других системах вследствие внедрения новой системы.

Контрольные вопросы:

1. Этапы системного проектирования.
2. Назовите аксиомы, используемые при выявлении функций системы.
3. Что такое параллельные (горизонтальные) системы?
4. Принципы построения эталонной системы.
5. Что составляется на этапе внедрения и контроля за функционированием системы?

ЛЕКЦИЯ 23. Новые технологии проектирования и анализа систем

Процесс извлечения (получения) информации строится на основе упорядоченных последовательных действий по сбору, накоплению, отражению, преобразованию, актуализации данных; такие процессы в информатике называются информационными технологиями, и их основными элементами являются технические средства и устройства, например, в телеграфе - телетайпное устройство, в телевидении - телевизор и т.д.

Новые информационные технологии - это информационные технологии, базирующиеся на новых, инфологических и компьютерных средствах получения, хранения, актуализации информации, знаний.

Высокие технологии - это технологии качественного изменения состава, характера, методов решаемых задач, технологии эволюции, а не функционирования.

Пример. Обычная ("старая") технология вычислений ставит основную цель - найти решение задачи за приемлемое время и стоимость. Новая технология использования математических компьютерных пакетов ставит новую цель - найти решение достаточно быстро, точно и экономично.

В узком понимании, новая информационная технология - использование вычислительной техники и систем связи для создания, сбора, передачи, хранения, обработки информации; она - часть информационного бизнеса.

Любая технология базируется на научно-теоретическом, инженерно-техническом, программном обеспечении. Само по себе это ядро еще не образует технологию. Для этого оно должно быть интегрировано и поддерживаемо сетевыми пространственно-временными, организационно-людскими связями и отношениями.

Программа Word - сама по себе не технология (хотя ее часто называют технологией подготовки и редактирования документов), а элемент технологии, определяемой как MS Office - технологии автоматизированного, компьютеризованного делопроизводства, автоматизации работ в офисе.

Традиционная (классическая) информационная технология, как правило, строится на базе хорошо формализуемых, структурируемых интеллектуальных процедур. Новая информационная технология, как правило, строится на основе плохо формализованных и структурированных интеллектуальных процедур.

Новые информационные технологии бывают следующих базовых типов:

- когнитивные технологии, направленные большей частью на получение, хранение и актуализацию знаний, принятие интеллектуальных решений;
- инструментальные технологии, направленные большей частью на использование в качестве инструментария, среды для построения других технологий и для обслуживания их;
- прикладные технологии, направленные большей частью на решение проблем некоторой проблемной области (или областей);
- коммуникативные технологии, направленные большей частью на решение проблем связи, коммуникаций, общения.

Такое деление - весьма условное - технология может с успехом быть и прикладной, и когнитивной, и инструментальной, и коммуникативной.

Пример. Такова, например, технология компьютерного моделирования, гипермедиа.

Возможно деление (также условное) информационных технологий и по сфере использования, например:

- информационные технологии в науке;
- информационные технологии в образовании;
- информационные технологии в проектировании и производстве;
- информационные технологии в управлении;
- информационные технологии в сфере услуг;
- информационные технологии в сфере быта.

Можно также условно разбить все новые технологии на две группы - технологии корпоративной работы и технологии индивидуальной работы.

Рассмотрим новые информационные технологии,

1. Технология баз данных (БД) и систем управления БД (СУБД). БД - достаточно большие наборы структурированных данных некоторой предметной области, представленные на машинных носителях и имеющие общую и удобную структуру, единые организационно-методические, программно-технические и языковые средства обеспечения.

В последнее время распространяется технология удаленных БД. Она базируется на коллективном доступе пользователей к информационным ресурсам, сосредоточенным на едином компьютере, или хост-компьютере, в диалоговом режиме по сетям передачи данных. Информационными продуктами здесь выступают БД разных предметных областей. Информационные услуги предоставляются благодаря наличию разнообразных средств поиска, обработки и выдачи информации. Информационные продукты и программные средства служат главными элементами банков данных или автоматизированных банков данных.

Основными особенностями данной технологии, определяющими ее достоинства и ее недостатки, являются:

- предоставление пользователю только информационных услуг, а не непосредственно информационных продуктов, в результате чего он получает (оплачивает) только действительно нужную информацию;
- полнота информации, связанная с загрузкой на мощные хост-компьютеры больших массивов данных;
- высокая скорость обновления, модификации и перемещения информации;
- развитое программное обеспечение, позволяющее не только находить и получать информацию, но и при необходимости осуществлять ее графическую, и эконометрическую обработку.

2. Технологии хранилищ данных и интеллектуального анализа данных. Хранилище данных - очень большая специализированная БД и программная система, предназначенная для извлечения, коррекции (чистка, правка) и загрузки данных из источников в БД с многомерной структурой, включая средства упрощения доступа, анализа с целью принятия решения.

Пример. Хранилища данных собирают и централизуют текущую информацию о состоянии дел корпорации, о ее услугах, клиентах, поставщиках, и предоставляют аналитические и отчетные инструменты. С помощью анализа финансовых отчетов фирм, можно разбить их на классы по финансовой устойчивости, по вероятности банкротства, что поможет банку-кредитору осуществлять политику их кредитования более эффективно.

3. Технология баз знаний (БЗ) и экспертных систем (ЭС). БЗ - накопление, структурирование и хранение с помощью ЭВМ знаний, сведений из различных областей таким организованным способом, что можно иметь доступ к этим знаниям, расширять их, получать, выводить новые знания и т.д.

Пример. БЗ по хирургическим операциям, из которой молодой и неопытный хирург в экстренной хирургической ситуации может извлечь необходимую информацию об операции; сама же БЗ разработана на основе знаний.

4. Технология электронной почты и телекоммуникационного доступа к удаленной от пользователя информации, носителю информации, собеседнику - человеку или компьютеру. Развитие сетей связи - виртуальные локальные вычислительные сети, объединяющие пользователей не по территориальному принципу, а по профессиональным интересам. Телеконференция - обмен сообщениями (докладами) между участниками (подписчиками) конференции, анонсированной на специальной доске объявлений в сети, в частности, на электронной доске объявлений.

5. Технология (использования) автоматизированных систем (АС) и автоматизированных рабочих мест (АРМ). АС - это человеко-машинная система для исполнения ежедневных, часто рутинных, профессионально выполняемых на рабочем месте сотрудника работ - с целью уменьшения затрат времени, сокращения числа ошибок и обеспечения оперативной связи с другими сотрудниками; интеллектуальные системы имеют также способность к перестройке технологической цепочки, они способны и к обучению.

В последние годы распространилась концепция корпоративных и распределенных систем в народном хозяйстве, в которых широко используются локальные информационные системы. Для реализации идеи распределенного управления необходимо создание автоматизированных рабочих мест на базе профессиональных компьютеров.

6. Технологии компьютерного (компьютеризированного) офиса коллективной работы в офисе. Компьютерный офис - офис, в котором имеется высокий уровень компьютеризации, внедрения АРМ, систем делопроизводства, так, что вся профессиональная деятельность офиса может быть успешно автоматизирована.

7. Технологии использования интегрированных пакетов прикладных программ (ППП) - технологии на базе специальным образом организованных комплексов программ для решения различных классов однотипных и часто встречающихся задач из различного типа предметных областей. Современные ППП имеют диалоговую, интерактивную обратную связь с пользователем в процессе постановки задачи, решения и анализа результатов.

Пример. В качестве примера интегрированного ППП приведем пакет MathCAD, предназначенный как для сложных математических вычислений, так и для несложных (в режиме инженерного калькулятора).

8. Технологии машинной графики и визуализации - технологии, базирующиеся на системах рисования и черчения различных графических объектов и образов с помощью

ЭВМ и устройств рисования (например, плоттеров), а также их визуального, наглядного представления. Особо следует отметить средства анимации - "оживления" изображений на экране, т.е. методы и средства создания динамических изображений.

Пример. Примером средств машинной графики может служить программный комплекс изображения пространственных объектов и их динамической актуализации – пакет "3D-Studio". Этот пакет позволяет не только создавать трехмерные сцены, но и использовать их при реализации компьютерных анимационных ситуаций (мультипликаций) с использованием различных графических файлов разных форматов, что дает возможность применять при разработке мультфильмов известные графические пакеты: CorelDraw, PhotoPaint и др.

Современные технологии 3D-графического моделирования позволяют строить полные трехмерные объекты по их эскизам.

9. Гипертекстовые технологии. Гипертекст (Hypertext - "сверхтекстовая, надтекстовая".) - эта технология на базе средств обработки больших, глубоко вложенных, структурированных, связанных семантически и понятийно текстов, информации, которые организованы в виде фрагментов (текста), которые относятся к одной и той же системе объектов, расположенных в вершинах некоторой сети и выделяемых обычно цветом; они дают возможность при машинной реализации быстро, нажатием нескольких клавиш, вызывать и помещать в нужное место просматриваемого или организуемого нового текста заданные фрагменты гипертекста,

Пример. Примерами гипертекстов могут быть электронные журналы.

10. Средства и системы мультимедиа (multimedia) и гипермедиа (hypermedia). Медиа - "среда или носитель информации". Мультимедийность, многосредность - актуализация различных сред и чувств восприятия информации: средства озвучивания, оживления - мультипликации, графического и наглядного представления входных и выходных данных задачи и сценариев решения или даже самого решения.

Пример. Примерами средств мультимедиа могут служить звуковые карты (Sound Blaster) для генерирования на ЭВМ широкого диапазона звуков, активные звуковые колонки для их передачи и устройства считывания информации с компакт-дисков - CD-ROM, позволяющие считывать большие объемы информации.

Контрольные вопросы:

1. Понятие новых информационных технологий.
2. Базовые типы новых информационных технологий.
3. Назовите сферы использования информационных технологий.
4. Что вы знаете о технологии баз данных?
5. Какие новые технологии вам известны?

ЛЕКЦИЯ 24. Новые технологии проектирования и анализа систем (продолжение)

11. Нейро-математические и нейро-информационные технологии и сети. Нейротехнологии - технологии на базе моделей, методов, алгоритмов, программ, моделирующих, имитирующих нейронные сети и процессы решения задач искусственного интеллекта; позволяют эффективно реализовывать параллелизм, самообучение, распознавание и классификацию, адаптивность, перестройку структуры, топологии.

Пример. Идентификация личности в криминологии; выбор управляющих воздействий в сложных системах; геологоразведка; диагностика в сейсмологии. Одним из распространенных нейросистем является пакет Brain Maker.

12. Технология виртуальной реальности. Виртуальная реальность - технологии актуализации различных гипотетических сред и ситуации, не существующих реально и возможных как варианты развития реальных аналогов систем реального мира; эти технологии и системы позволяют управлять виртуальным объектом, системой путем моделирования законов пространства, времени, взаимодействия, инерции и др.

13. Когнитивные технологии - методы, средства и приемы, обеспечивающие визуальное, гипермедийное представление условий задач и/или предметной области, которое помогает находить или стратегию решения (или само решение), либо позволяет оценивать и сравнивать пути решения, принять тот или иной адекватный выбор.

Пример. Когнитивная графика, позволяющая геометрически, образно представлять предметную среду и построить, исходя из этого, требуемый графический объект, в частности, пространственное представление этого объекта. Есть и средства, и методы визуального программирования (проектирования программ), в частности, среда Visual-C.

14. Технологии информационного реинжиниринга - методы и средства коренного пересмотра, перепроектирования информационных сетей и процессов с целью достижения резких, например, "порядковых" улучшений в ключевых показателях информационных сетей и систем, в частности, по показателям типа "производительность-стоимость", "время-объем информации", "функционирование-документация", "технология-удобство" и др. Реинжиниринговые мероприятия изменяют работу, роль работника (от подконтрольного исполнителя - к принятию самостоятельных решений), оценку эффективности работы и оплаты труда (от оценки трудозатрат - к оценке результата), роль менеджера и, самое главное, организационную структуру (от иерархической - к матричной и сетевой).

15. Объектно-ориентированные технологии, технологии объектно-ориентированного анализа. Технологии представления и актуализации информации, информационных процессов, систем как совокупностей объектов и классов с использованием следующих понятий: объект, экземпляр класса - все то, что может быть полно описано некоторыми атрибутами состояния.

Инструменты объектно-ориентированного анализа: атрибуты (описания объектов, классов); операции (процессы, применяемые к классам объектов); потоки данных (группы элементов данных, реализующие связи между объектами); наследование (агрегирование и обобщение).

Пример. HTML - статичное средство. Чтобы "оживить" содержимое Web, сделать интерактивные HTML-страницы, используется среда JavaScript. Одной из важных для информатики объектно-ориентированных систем является Java-система, сред - Java-интерпретирующая машина, технологий - Java-технология.

16. Средо-ориентированные технологии (интерактивные технологии проектирования, разработки, актуализации информационных систем, в которых сначала строится нужная среда, инструментарий, а затем происходит их автоматизированная настройка с помощью выполнения процедур типа: переместить, вставить, удалить, указать, активизировать и др.; готовые среды, "как кубики", объединяются в нужные структуры, а затем настраиваются на конкретные классы проблем или пользователей, причем изменения одних из них могут изменять и другие).

Пример. Средо-ориентированные системы программирования, в которых часто используется "оконный интерфейс", "оконная среда". Они основываются на понятиях "окно", "рамка", "фрейм", "рисунок на экране", "оконное меню" и др., каждый из которых ассоциируется с наиболее подходящей инструментальной средой: тексты - с текстовым процессором, таблицы - с электронной таблицей, графики - со средой деловой графики и т.д.

В последние годы вырос интерес к распределенным системам - программным комплексам, составные части которых функционируют на разных компьютерах в сети, используя при взаимодействии технологии различного уровня. В этих системах обеспечены следующие возможности, невыполнимые при использовании традиционных технологий:

- масштабируемость, т.е. эффективное обслуживание различного числа клиентов одновременно;
- надежность создаваемых приложений, т.е. устойчивость не только к ошибкам пользователей, но и к сбоям в системе коммуникаций;
- непрерывная длительная работа (режим 24×7, т.е. 24 часа в течение 7 дней недели);
- высокий уровень безопасности системы, т.е. защиты и отслеживания, протоколирования информации на всех этапах функционирования;
- высокая скорость разработки приложений и простота их сопровождения и модификации (достаточен средний уровень программиста).

17. CASE-технологии (Computer-Aided System Engineering -автоматизированное проектирование информационных систем, или технологии, позволяющие автоматизировать основные этапы и процедуры жизненного цикла информационных систем: от анализа исходного состояния и целей - до проектирования интерфейсов, привычных проектировщику, пользователю и основных процедур функционирования системы; чем больше этапов и процедур автоматизируется, тем лучше и быстрее получается информационная система, тем шире ее приложения).

18. Технологии и системы компьютерной алгебры, системы символьных преобразований, аналитических вычислений (системы, позволяющие производить автоматические преобразования формул и алгебраических выражений, в частности, приведение подобных членов в алгебраическом выражении, нахождение первообразной заданной аналитически функции, ее дифференцирование и т.д.).

19. Нечеткие технологии (технологии обработки данных и вывода знаний, принятия решений на основе описания систем аппаратом нечетких множеств и нечеткой логики).

Пример. Медицинский диагноз часто основан на нечетких, неопределенных четко связях симптомов и болезней, их нечеткой зависимости, поэтому для компьютерной постановки диагноза, построения экспертной системы постановки диагноза эта технология особенно эффективна, так как позволяет делать нечеткие выводы, которые затем могут быть проверены. Проблемы дактилоскопии также могут быть решены эффективно с помощью нечетких систем распознавания отпечатков.

Все новые информационные технологии, так или иначе, используют методы и проблематику искусственного интеллекта, инженерии знаний, часто переплетаются и интегрируются.

Все новые информационные технологий должны обеспечивать целенаправленность, информативность, адекватность, точность, полноту, воспринимаемость и структурированность сообщений, а также гибкость, комфортность, своевременность и простоту их актуализации во времени, в пространстве и информационно.

Основные тенденции развития новых информационных технологий, независимо от сферы их использования:

- возрастание роли и активности (актуальности) информационного ресурса, т.е. качество и оперативность принимаемых интеллектуальных решений в обществе во все большей степени зависит от содержания, точности и своевременности получаемой информации, ее пространственно-временных характеристик;
- развитие способности к активному техническому, программному и технологическому взаимодействию (стандартизации и совместимости таких взаимодействий), т.е. появление более совершенных стандартов взаимодействия, все чаще - уже на уровне проектных работ, на уровне разработки спецификаций;
- изменение структуры инфологических и структурных взаимодействий, ликвидация промежуточных звеньев, т.е. устранение этапов и функций посредников информационного обмена и услуг, ликвидация промежуточных функций внутри компаний и между ними, более широкое распространение, упрощение доступа, снижение цен и т.д.;
- глобализация или использование пространственных, временных и организационных возможностей и емкости информационного рынка (практически беспредельного);
- конвергенция или формирование рынка новых информационных технологий, состоящего из основных сегментов - частное потребление (развлечения, бытовые услуги и т.п.), обеспечение бизнеса (производство, продажа, маркетинг и т.п.), интеллектуальная профессиональная работа (автоформализация профессиональных знаний и др.).

Пример. В 1990 г. около 40% интеллектуальных работников в США использовали на своих рабочих местах новые информационные технологии, в частности, концерн Microsoft инвестирует в новые медиапроекты до 20% своего научного бюджета, выпуская энциклопедии и справочники на CD, работая параллельно с телевидением, открывая в Интернете свои мультимедийные журналы.

Выполнение японской программы создания компьютеров пятого поколения сдерживается тем, что новая архитектура программного обеспечения пока не сочетается с существующими центрами искусственного интеллекта, новые протоколы не могут быть

использованы в старых системах связи, а новые машинные языки не подходят для старых систем и т.д.

В банковской сфере уменьшается роль мелких банков, так как на внедрение информационных технологий требуются значительные ресурсы.

Заканчивая этот неполный обзор (полный обзор сделать просто невозможно) новых информационных технологий, наиболее важных для системного анализа, отметим, что появляются все новые их разновидности и приложения, а они становятся основным фактором (инструментарием) глобализации, фактором, изменяющим традиционные критерии принятия решения и возможности мирового бизнеса (ценообразование, издержки, местоположение и т.д.).

Контрольные вопросы:

1. Что такое нейротехнологии?
2. Понятие когнитивных технологий.
3. Расскажите о CASE-технологии.
4. Что объединяет все новые информационные технологии?
5. Основные тенденции развития новых информационных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф.И.Перегудов, Ф.П.Тарасенко «Введения в системный анализ», Москва, Высшая школа 1989 г.
2. Перегудов Ф.И. «Основы системного проектирования АСУ организационными комплексами», Томск: ТГУ, 1984 г.
3. Аверьянов А.Н. «Системное познание мира», М.: Политиздат, 1985 г.
4. Мороз А.И. «Курс теории систем». М.: Высш. шк., 1987 г.
5. Шэннон Р. «Имитационное моделирование систем - искусство и наука», Москва, Мир, 1978 г.
6. Пратт Г. «Языки программирования. Разработка и реализация» М:Мир, 1979 г.
7. Калашников В. «Сложные системы и методы их анализа», М,: Знание, 1989 г.
8. Меерович Г. А. «Эффект больших систем», М.: Знание, 1985 г.
9. Тьюки Дж. «Анализ результатов наблюдений», М.: Мир, 1981 г.
10. Джонс Дж. К. «Методы проектирования», М.: Мир, 1986 г.
11. Леман Д, Смит М. «Типы данных. Данные и языки программирования». М:Мир, 1982 г.
12. Кнут Д.. «Искусство программирования для ЭВМ» т1. «Основные алгоритмы» М.:Мир, 1976 г.
13. Спицнадель В. Н. «Основы системного анализа» Балтийский гос.технический ун. «ВОЕНМЕХ» Из. дом «Бизнес-пресса», Санкт-Петербург 2000 г.
14. Антонов А.В. «Системный анализ», учеб.для вузов, М,:Высш.шк. 2004 г.
15. Лагоша Б.А., Емельянов А.А. «Основы системного анализа», М.: Изд-во МЭСИ, 1998 г.
16. Дегтярев Ю.И. Системный анализ и исследование операций. - М.:Высшая школа, 1996 г.
17. Анфилатов В.С. и др. «Системный анализ в управлении:», учебное пособие М.:Финансы и статистика, 2002 г.
25. Ю.Ю.Громов, Н.А.Земской, А.В.Лачугин, О.Г.Иванова «Системный анализ в информационных технологиях», изд.ТГТУ, Тамбов, 2007 г.
26. А.Ю.Меерсон Курс лекций «Системный анализ», Москва 2010 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛЕКЦИЯ 1. Введение. Цели предмета. Основные понятия системного анализа.	5
ЛЕКЦИЯ 2. Системы. Понятия «система». Компоненты систем	8
ЛЕКЦИЯ 3. Классификация систем.	14
ЛЕКЦИЯ 4. Большие системы.	17
ЛЕКЦИЯ 5. Сложные системы.	21
ЛЕКЦИЯ 6. Информационные системы.	24
ЛЕКЦИЯ 7. Искусственные и естественные системы.	28
ЛЕКЦИЯ 8. Система и среда.	30
ЛЕКЦИЯ 9. Факторы исследования систем	33
ЛЕКЦИЯ 10. Методы, системные характеристики и функции систем.	37
ЛЕКЦИЯ 11. Понятие модели. Типы моделей в системном анализе.	41
ЛЕКЦИЯ 12. Основы моделирования систем. Эволюционное моделирование	45
ЛЕКЦИЯ 13. Математическое и компьютерное моделирование.	48
ЛЕКЦИЯ 14. Аналитический метод исследования	52
ЛЕКЦИЯ 15. Анализ и синтез системных исследований.	55
ЛЕКЦИЯ 16. Особенности исследования хозяйственных систем.	58
ЛЕКЦИЯ 17. Методы принятия решений и деловые игры.	61
ЛЕКЦИЯ 18. Принятие решений по выбору стратегий.	64
ЛЕКЦИЯ 19. Классификация управленческих решений	68
ЛЕКЦИЯ 20. Системные принципы решения проблем	71
ЛЕКЦИЯ 21. Этапы системного анализа проблем.	76
ЛЕКЦИЯ 22. Системное проектирование.	79
ЛЕКЦИЯ 23. Новые технологии проектирования и анализа систем	82
ЛЕКЦИЯ 24. Новые технологии проектирования и анализа систем(продолжение)	86
ЛИТЕРАТУРА	90

