



ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Гамбов
◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ГОУ ВПО ТГТУ ◆
2010

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Методические указания
для студентов 2, 3 курсов специальности
080801 «Прикладная информатика в юриспруденции»
всех форм обучения



Тамбов
Издательство ГОУ ВПО ТГТУ
2010

УДК 303.732.4(076)
ББК з817я73-5
Т338

Рекомендовано Редакционно-издательским советом университета

Рецензент

Доктор технических наук, профессор ГОУ ВПО ТГТУ
А.А. Чуриков

Составители :

В.Н. Чернышов, А.В. Чернышов

Т338 Теория систем и системный анализ : методические указания /
сост. : В.Н. Чернышов, А.В. Чернышов. – Тамбов : Изд-во ГОУ
ВПО ТГТУ, 2010. – 32 с. – 100 экз.

Представлены методические указания для подготовки к
семинарским занятиям и выполнения контрольных и курсовых
работ по дисциплине «Теория систем и системный анализ».

Предназначены для студентов 2, 3 курсов специальности
080801 «Прикладная информатика в юриспруденции» всех форм
обучения.

ББК з817я73-5

УДК 303.732.4(076)

© Государственное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный
технический
университет» (ГОУ ВПО ТГТУ), 2010

Учебное издание

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Методические указания

Составители:

ЧЕРНЫШОВ Владимир Николаевич,
ЧЕРНЫШОВ Алексей Владимирович

Редактор Е.С. Кузнецова
Инженер по компьютерному макетированию Т.Ю. Зотова

Подписано в печать 12.04.2010
Формат 60 × 84/16. 1,86 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 267

Издательско-полиграфический центр ГОУ ВПО ТГТУ
392000, Тамбов, ул. Советская, 106, к. 14

Тема 1. ПОНЯТИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ, СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ. СОСТОЯНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ. ПРИНЦИП И ФУНКЦИИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ. ВИДЫ И ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТРУКТУР. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ. ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРИНЦИП ЦЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ.

В современном обществе системные представления уже достигли такого уровня, что мысль о важности и полезности системного подхода к решению всех проблем является привычной или общепринятой. Не только учёные, но и инженеры, и педагоги, юристы и деятели культуры обнаружили системность в своей деятельности и стараются свою работу осознанно систематизировать. Чем выше степень системности (в решении проблем), тем эффективнее решение любых практических задач. Мышление тоже системно, поэтому системность появилась не во второй половине XX в., а значительно раньше – как только человек начал мыслить.

Словосочетания, например, «солнечная система», «нервная система», «система уравнений» и т.д. означают, что общее у них – это системность.

1.1. ПОНЯТИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ, СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ

Мы будем использовать понятие системы, которое учитывает такие важные составляющие любого материального объекта, как элемент, связь, взаимодействие, целеполагание.

Система – множество составляющих единство элементов, их связей и взаимодействий между собой и между ними и внешней средой, образующее присущую данной системе целостность, качественную определённую и целенаправленность.

Элемент – это составная часть сложного целого. В нашем случае сложное целое – система, которая представляет собой комплекс взаимосвязанных элементов.

Элемент – неделимая часть системы, обладающая самостоятельностью по отношению к данной системе. Неделимость элемента рассматривается как нецелесообразность учёта в пределах модели данной системы его внутреннего строения.

Связь – совокупность зависимостей свойств одного элемента от свойств других элементов системы. Установить связь между двумя элементами – значит выявить наличие зависимостей их свойств.

Взаимодействие – совокупность взаимосвязей и взаимоотношений между свойствами элементов, когда они приобретают характер взаимо-содействия друг другу.

Структура системы – совокупность элементов системы и связей между ними в виде множества.

Структура является статической моделью системы и характеризует только строение системы, не учитывая множества свойств (состояний) её элементов. Система существует среди других материальных объектов, которые не вошли в неё. Они объединяются понятием «внешняя среда» – объекты внешней среды.

Внешняя среда – это набор существующих в пространстве и во времени объектов (систем), которые, как предполагается, действуют на систему.

1.2. СОСТОЯНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ

Процессы, происходящие в сложных системах, как правило, сразу не удаётся представить в виде математических соотношений или хотя бы алгоритмов. Поэтому, для того чтобы хоть как-то охарактеризовать стабильную ситуацию или её изменения, используются специальные термины, заимствованные теорией систем из теории автоматического регулирования, биологии, философии.

Рассмотрим основные из этих терминов.

Состояние. Понятием «состояние» обычно характеризуют мгновенную фотографию, «срез» системы, остановку в её развитии.

Состояние системы – совокупность состояний её n элементов и связей между ними (двусторонних связей не может быть более чем $n(n-1)$ в системе с n элементами).

Поведение. Если система способна переходить из одного состояния в другое (например, $s_1 \rightarrow s_2 \rightarrow s_3 \rightarrow \dots$), то говорят, что она обладает поведением.

Равновесие. Понятие «равновесие» определяют как способность системы в отсутствии внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранять своё состояние сколь угодно долго. Это состояние называют *состоянием равновесия*.

Устойчивость. Под устойчивостью понимают способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием *внешних* (а в системах с активными элементами – *внутренних*) возмущающих воздействий.

Состояние равновесия, в которое система способна возвращаться, называют *устойчивым состоянием равновесия*.

Развитие. Это понятие помогает объяснить сложные термодинамические и информационные процессы в природе и обществе. Исследование процесса развития, соотношения *развития* и *устойчивости*, изучение механизмов, лежащих в их основе, – наиболее сложные задачи теории систем. Ниже будет показано, что целесообразно выделять особый класс *развивающихся (самоорганизующихся) систем*, обладающих особыми свойствами и требующих использования специальных подходов к их моделированию.

Входы системы x_i – это различные точки приложения влияния (воздействия) внешней среды на систему.

Входами системы могут быть информация, вещество, энергия и т.д., которые подлежат преобразованию.

Обобщённым входом (X) называют некоторое (любое) состояние всех r -входов системы, которое можно представить в виде вектора

$$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_k, \dots, x_r).$$

Выходы системы y_i – это различные точки приложения влияния (воздействия) системы на внешнюю среду.

Выход системы представляет собой результат преобразования информации, вещества и энергии.

Обратная связь – то, что соединяет выход со входом системы и используется для контроля за изменением выхода.

Ограничения системы – то, что определяет условия её функционирования (реализацию процесса). Ограничения бывают *внутренними* и *внешними*. Одним из внешних ограничений является цель функционирования системы. Примером внутренних ограничений могут быть ресурсы, обеспечивающие реализацию того или иного процесса.

Движение системы – это процесс последовательного изменения её состояния.

Вынужденное движение системы – изменение её состояния под влиянием внешней среды. Примером вынужденного движения может служить перемещение ресурсов по приказу (поступившему в систему извне).

Собственное движение – изменение состояния системы без воздействия внешней среды (только под действием внутренних причин). Собственным движением системы «человек» будет его жизнь как биологического (а не общественного) индивида, т.е. питание, сон, размножение.

Процессы системы – это совокупность последовательных изменений состояния системы для достижения цели. К процессам системы относятся:

- входной процесс;
- выходной процесс;
- переходный процесс системы.

Входной процесс – множество входных воздействий, которые изменяются с течением времени.

Выходной процесс – множество выходных воздействий на окружающую среду, которые изменяются с течением времени.

Переходный процесс системы (процесс системы) – множество преобразований начального состояния и входных воздействий в выходные величины, которые изменяются с течением времени по определённым правилам.

1.3. ПРИНЦИП И ФУНКЦИИ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Обратная связь – одно из фундаментальных понятий *теории систем*.

Обратную связь обычно иллюстрируют схемами, подобными приведённой на рис. 1.1, где $x(t)$ – закон или алгоритм (программа) управления; $x_{тр}$ – требуемое значение регулируемого параметра («уставка»); x_i – фактическое значение регулируемого параметра; Δx – рассогласование между $x_{тр}$ и x_i .

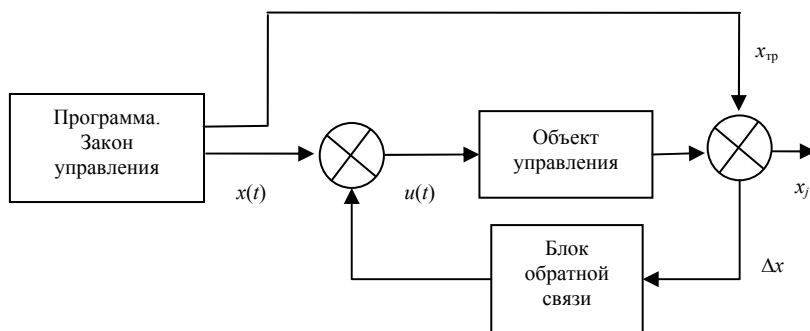


Рис. 1.1. Система с обратной связью

Обратная связь может быть:

– *отрицательной* – противодействующей тенденциям изменения выходного параметра, т.е. направленной на сохранение, стабилизацию требуемого значения параметра (например, стабилизацию количества выпускаемой продукции и т.п.);

– *положительной* – сохраняющей тенденции происходящих в системе изменений того или иного выходного параметра (что используется при моделировании развивающихся систем).

Обратная связь является основой саморегулирования, развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования.

При разработке моделей функционирования сложных саморегулирующихся, самоорганизующихся систем в них, как правило, одновременно присутствуют и отрицательные, и положительные обратные связи. На использовании этих понятий базируется, в частности, *имитационное динамическое моделирование*.

1.4. ВИДЫ И ФОРМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТРУКТУР

Система может быть представлена простым перечислением элементов, или «чёрным ящиком» (моделью «вход – выход»). Однако чаще всего при исследовании объекта такое представление недостаточно, так как требуется выяснить, что собой представляет объект, что в нём обеспечивает выполнение поставленной цели, получение требуемых результатов. В этих случаях систему отображают путём расчленения на подсистемы, компоненты, элементы с взаимосвязями, которые могут носить различный характер, и вводят понятие структуры.

Виды структур:

– *сетевая структура*, или сеть, представляет собой декомпозицию системы во времени (рис.1.2, а). Такие структуры могут отображать порядок действия технической системы (телефонная сеть, электрическая сеть), этапы деятельности человека (сетевой график, сетевой план);

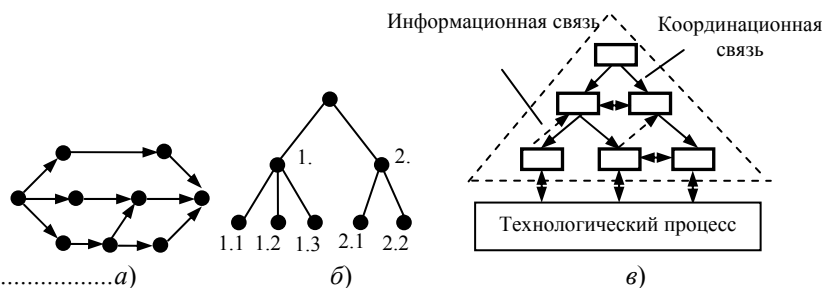


Рис. 1.2. Структуры системы

– *иерархические структуры* представляют собой декомпозицию системы в пространстве (рис. 1.2, б–в). Все компоненты (*вершины, узлы*) и связи (*дуги, соединения узлов*) существуют в этих структурах одновременно (не разнесены во времени). Структуры типа рис. 1.2, б, в которых каждый элемент нижележащего уровня подчинён одному узлу (одной вершине) вышестоящего (и это справедливо для всех уровней иерархии), называют *древовидными* структурами, структурами типа «дерева»;

– *матричные структуры*;

– *многоуровневые иерархические структуры* отличаются различными принципами взаимоотношений элементов в пределах уровня и различным правом вмешательства вышестоящего уровня в организацию взаимоотношений между элементами нижележащего, для названия которых предложены следующие термины: «страты», «слои», «эшелоны» (рис. 1.2, в);

– *смешанные иерархические структуры* бывают с вертикальными и горизонтальными связями;

– *структуры с произвольными связями* могут иметь любую форму, объединять принципы разных видов структур и нарушать их.

1.5. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ

Классификации всегда относительны. Рассмотрим для примера некоторые из наиболее важных классификаций систем (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Классификационные признаки	Классы (системы)
Природа элементов	Реальные (физические) Абстрактные
Происхождение	Естественные Искусственные
Длительность существования	Постоянные Временные
Изменчивость свойств	Статические Динамические
Степень сложности	Простые Сложные Большие
Отношение к среде	Закрытые
Реакция на возмущающие воздействия	Активные Пассивные
Характер поведения	С управлением Без управления
Степень связи с внешней средой	Открытые Изолированные Закрытые Открытые равновесные Открытые диссипативные
Степень участия в реализации управляющих воздействий людей	Технические Человеко-машинные Организационные

1.6. ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРИНЦИП ЦЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ

Обобщение результатов исследований процессов целеобразования, проводимых философами, психологами, кибернетиками, и наблюдение процессов обоснования и структуризации целей в конкретных условиях позволили сформулировать некоторые общие принципы, закономерности, которые полезно использовать на практике.

Зависимость представления о цели и формулировки цели от стадии познания объекта (процесса) и от времени. Анализ определений понятия «цель» позволяет сделать вывод о том, что, формулируя цель, нужно стремиться отразить в формулировке или в способе представления цели основное противоречие: её активную роль в познании, в управлении и в то же время необходимость сделать её реалистичной, направить с её помощью деятельность на получение определённого полезного результата. При этом формулировка цели и представление о цели зависит от стадии познания объекта, и по мере развития представления о нём цель может переформулироваться.

Зависимость цели от внешних и внутренних факторов. При анализе причин возникновения и формулирования целей нужно учитывать, что на цель влияют как внешние по отношению к системе факторы (внешние требования, потребности, мотивы, программы), так и внутренние факторы (потребности, мотивы, программы самой системы и её элементов, исполнителей цели); при этом последние являются такими же объективно влияющими на процесс целеобразования факторами, как и внешние (особенно при использовании в системах управления понятия цели как средства побуждения к действию).

Цели могут возникать на основе взаимодействия противоречий (коалиций) как между внешними и внутренними факторами, так и между внутренними факторами, существующими ранее и вновь возникающими в находящейся в постоянном самодвижении целостности.

Темы контрольных и курсовых работ

1. Определение понятия «система».
2. Понятие элементов системы, связи и внешней среды.
3. Опишите взаимодействие системы со средой.
4. Определение понятия состояния и движения системы.
5. Понятие входов, выходов и переходных процессов системы.
6. Опишите понятие процесса в системе.
7. Определение и принцип обратной связи.
8. Ограничения системы.
9. Классификация систем по признакам.
10. Виды и формы представления структур.
11. Закономерности и принцип целеобразования.

Тема 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕОРИИ СИСТЕМ. ВИДЫ МОДЕЛЕЙ. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ. МОДЕЛИ СИСТЕМ

2.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДЕЛЕЙ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕОРИИ СИСТЕМ.

Первоначально моделью называли некое вспомогательное средство, объект, который в определённой ситуации заменял другой объект.

При этом далеко не сразу была понята универсальность законов природы, всеобщность моделирования, т.е. не просто возможность, но и необходимость представлять любые наши знания в виде моделей.

В результате очень долго понятие «модель» относилось только к материальным объектам специального типа, например манекен (модель человеческой фигуры), гидродинамическая уменьшенная модель плотины, модели судов и самолётов, чучела (модели животных) и т.п.

Осмысливание основных особенностей таких моделей привело к разработке многочисленных определений, типичным приёмом которых служит следующее: *моделью называется некий объект-заместитель, который в определённых условиях может заменять объект-оригинал, воспроизводя интересующие нас свойства и характеристики оригинала, причём имеет существенные преимущества, удобства* (наглядность, обозримость, доступность испытаний, лёгкость оперирования с ним и пр.).

Следующий шаг заключался в признании того, что моделями могут служить не только реальные объекты, но и абстрактные, идеальные построения. Типичным примером служат математические модели. В результате деятельности математиков, логиков и философов, занимавшихся исследованием оснований математики, была создана теория моделей. В ней *модель определяется как результат отображения одной абстрактной математической структуры на другую, также абстрактную, либо как результат интерпретации первой модели в терминах и образах второй.*

В XX в. понятие модели становится всё более общим, охватывающим и реальные, и идеальные модели. При этом понятие абстрактной модели вышло за пределы математических моделей, стало относиться к любым знаниям и представлениям о мире.

В широком смысле под *моделированием* следует понимать процесс адекватного отображения наиболее существенных сторон исследуемого объекта или явления с точностью, которая необходима для практических нужд. В общем случае моделированием можно назвать также особую форму опосредствования, основой которого является формализованный подход к исследованию сложной системы.

Теоретической базой моделирования является теория подобия. *Подобие* – это взаимно однозначное соответствие между двумя объектами, при котором известны функции перехода от параметров одного объекта к параметрам другого, а математические описания этих объектов могут быть преобразованы в тождественные. Теория подобия даёт возможность установить наличие подобия или позволяет разработать способ его получения.

Таким образом, *моделирование* – это процесс представления объекта исследования адекватной (подобной) ему моделью и проведения экспериментов с моделью для получения информации об объекте исследования. При моделировании модель выступает и как средство, и как объект исследований, находящийся в отношении подобия к моделируемому объекту.

Уровни моделирования. В зависимости от степени детализации описания сложных систем и их элементов можно выделить три основных уровня моделирования.

1. Уровень *структурного* или *имитационного* моделирования сложных систем с использованием их алгоритмических моделей (моделирующих алгоритмов) и применением специализированных языков моделирования, теорий множеств, алгоритмов, формальных грамматик, графов, массового обслуживания, статистического моделирования.

2. Уровень *логического* моделирования функциональных схем элементов и узлов сложных систем, модели которых представляются в виде уравнений непосредственных связей (логических уравнений) и строятся с применением аппарата двузначной или многозначной алгебры логики.

3. Уровень *количественного* моделирования (анализа) принципиальных схем элементов сложных систем, модели которых представляются в виде систем нелинейных алгебраических или интегродифференциальных уравнений и исследуются с применением методов функционального анализа, теории дифференциальных уравнений, математической статистики.

2.2. ВИДЫ МОДЕЛЕЙ

Множественность моделей одного объекта обусловлена, в частности, тем, что для разных целей требуется строить (использовать) разные модели.

Одним из оснований классификации моделей может быть соотнесение типов моделей с типами целей. Например, модели можно разделить на познавательные и прагматические.

Познавательные модели являются формой организации и представления знаний, средством соединения новых знаний с имеющимися. Поэтому при обнаружении расхождения между моделью и реальностью встаёт задача устранения этого расхождения с помощью изменения модели путём приближения модели к реальности.

Прагматические модели являются средством управления, средством организации практических действий, способом представления образцово правильных действий или их результата. Поэтому при обнаружении расхождения между моделью и реальностью встаёт задача устранения этого расхождения с помощью изменения реальности так, чтобы приблизить её к модели.

Таким образом, прагматические модели носят нормативный характер, играют роль стандарта, образца, под который «подгоняются» как сама деятельность, так и её результат.

Различают физические и абстрактные модели.

Физические модели образуются из совокупности материальных объектов. Для их построения используются различные физические свойства объектов, причём природа применяемых в модели материальных элементов не обязательно та же, что и в исследуемом объекте. Примером физической модели является макет.

Информационная (абстрактная) модель – это описание объекта исследований на каком-либо языке. Абстрактность модели проявляется в том, что её компонентами являются понятия, а не физические элементы (например, словесные описания, чертежи, схемы, графики, таблицы, алгоритмы или программы, математические описания).

Информационные модели описывают поведение объекта-оригинала, но не копируют его.

Информационная модель – это целенаправленно отобранная информация об объекте, которая отражает наиболее существенные для исследователя свойства этого объекта.

Среди информационных (абстрактных) моделей различают:

- дескриптивные, наглядные и смешанные;
- гносеологические, инфологические, кибернетические, сенсуальные (чувственные), концептуальные, математические.

Гносеологические модели направлены на изучение объективных законов природы (например, модели солнечной системы, биосферы, мирового океана, катастрофических явлений природы).

Инфологическая модель (узкое толкование) – параметрическое представление процесса циркуляции информации, подлежащее автоматизированной обработке.

Сенсуальные модели – модели каких-то чувств, эмоций либо модели, оказывающие воздействие на чувства человека (например, музыка, живопись, поэзия).

Концептуальная модель – это абстрактная модель, выявляющая причинно-следственные связи, присущие исследуемому объекту и существенные в рамках определённого исследования. Основное назначение концептуальной модели – выявление набора причинно-следственных связей, учёт которых необходим для получения требуемых результатов. Один и тот же объект может представляться различными концептуальными моделями, которые строятся в зависимости от цели исследования. Так, одна концептуальная модель может отображать временные аспекты функционирования системы, иная – влияние отказов на работоспособность системы.

Математическая модель – абстрактная модель, представленная на языке математических отношений. Она имеет форму функциональных зависимостей между параметрами, учитываемыми соответствующей концептуальной моделью. Эти зависимости конкретизируют причинно-следственные связи, выявленные в концептуальной модели, и характеризуют их количественно.

2.3. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ

Постановка любой задачи заключается в том, чтобы перевести её словесное, *вербальное*, описание в *формальное*.

Иными словами, перевод вербального описания в формальное, осмысление, интерпретация модели и получаемых результатов становятся неотъемлемой частью практически каждого этапа моделирования сложной развивающейся системы.

Для решения проблемы перевода вербального описания в формальное в различных областях деятельности стали развиваться специальные приёмы и методы. Так, возникли методы типа «мозговой атаки», «сценариев», экспертных оценок, «дерева целей» и т.п., которые описаны ниже.

Аналитические и статистические методы моделирования систем. *Аналитическими* в рассматриваемой классификации названы методы, которые отображают реальные объекты и процессы в виде точек (безразмерных в строгих математических доказательствах), совершающих какие-либо перемещения в пространстве или взаимодействующих между собой.

Основу понятийного (терминологического) аппарата этих представлений составляют понятия классической математики (*величина, формула, функция, уравнение, система уравнений, логарифм, дифференциал, интеграл* и т.д.).

Статистические представления сформировались как самостоятельное научное направление в середине прошлого века (хотя возникли значительно раньше). Основу их составляет отображение явлений и процессов с помощью случайных (*стохастических*) событий и их поведений, которые описываются соответствующими вероятностными (*статистическими*) характеристиками и *статистическими закономерностями*.

Теоретико-множественные представления базируются на понятиях «множество», «элементы» множества, «отношения» на множествах.

Базовыми понятиями *математической логики* являются высказывание, предикат, логические функции (операции) кванторы, логический базис, логические законы (законы алгебры логики).

Под *высказыванием* в алгебре логики понимается повествовательное предложение (суждение), которое характеризуется определённым значением истинности.

Математическая лингвистика возникла во второй половине прошлого столетия как средство формализованного изучения естественных языков и вначале развивалась как *алгебраическая лингвистика*.

Семиотика возникла как наука о *знаках, знаковых системах*.

Графические методы. Понятие *графа* первоначально было введено Л. Эйлером. *Графические представления* позволяют наглядно отображать структуры сложных систем и процессов, происходящих в них.

В то же время есть и возникшие на основе графических представлений методы, которые позволяют ставить и решать вопросы оптимизации процессов организации, управления, проектирования и являются математическими методами в традиционном смысле. Таковы, в частности, *геометрия, теория графов* и возникшие на основе последней прикладные теории – *PERT, сетевого планирования и управления (СПУ)*, а позднее и ряд методов *статистического сетевого моделирования* с использованием вероятностных оценок графов.

Методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов. Рассматриваемые ниже подходы и методы возникали и развивались как самостоятельные, и для обобщения в теории систем вначале их называли *качественными* (оговаривая условность этого названия, поскольку при обработке получаемых результатов могут использоваться и количественные представления) или экспертными, поскольку они представляют собой подходы, в той или иной форме активизирующие выявление и обобщение мнений опытных специалистов – экспертов (в широком смысле термин «эксперт» в переводе с латинского означает «опытный»).

Методы типа «мозговой атаки» или коллективной генерации идей. Мозговая атака основана на гипотезе, что среди большого числа идей имеется по меньшей мере несколько хороших, полезных для решения проблемы, которые нужно выявить. Методы этого типа известны также под названием *коллективной генерации идей, конференций идей, метода обмена мнениями*.

В зависимости от принятых правил и жёсткости их выполнения различают *прямую мозговую атаку, метод обмена мнениями, методы типа комиссий, судов*.

Методы подготовки и согласования представлений о проблеме или анализируемом объекте, изложенных в письменном виде, получили название *сценариев*.

Задача специалистов по системному анализу при подготовке сценария – помочь привлекаемым ведущим специалистам соответствующих областей знаний выявить общие закономерности развития системы; проанализировать внешние и внутренние факторы, влияющие на её развитие и формулирование целей.

Методы структуризации. Структурные представления разного рода позволяют разделить сложную проблему с большой неопределённостью на более мелкие, лучше поддающиеся исследованию, что само по себе можно рассматривать как некоторый метод исследования, именуемый иногда системно-структурным. Методы структуризации являются основой любой методики системного анализа, любого сложного алгоритма организации проектирования или принятия управленческого решения.

Методы типа «дерева целей». Идея метода *дерева целей* впервые была предложена У. Черчменом в связи с проблемами принятия решений в промышленности. Термин «дерево» подразумевает использование иерархической структуры, получаемой путём расчленения общей цели на подцели, а их, в свою очередь, на более детальные составляющие, которые в конкретных приложениях называют *подцелями* нижележащих уровней, *направлениями, проблемами*, а начиная с некоторого уровня – *функциями*.

Методы экспертных оценок. Изучению особенностей и возможностей применения экспертных оценок посвящено много работ. В них рассматриваются:

1) проблемы формирования экспертных групп, включая требования к экспертам, размеры группы, вопросы тренировки экспертов, оценки их компетентности;

2) формы экспертного опроса (разного рода анкетирования, интервью, смешанные формы опроса) и методики организации опроса (в том числе методики анкетирования, мозговая атака, деловые игры и т.п.);

3) подходы к оцениванию (ранжирование, нормирование, различные виды упорядочения, в том числе методы предпочтений, попарных сравнений и др.);

4) методы обработки экспертных оценок;

5) способы определения согласованности мнений экспертов, достоверности экспертных оценок.

Методы типа «Дельфи». Метод «Дельфи», или метод «дельфийского оракула», первоначально был предложен О. Хелмером и его коллегами как итеративная процедура при проведении мозговой атаки, которая способствовала бы снижению влияния психологических факторов при проведении заседаний и повышению объективности результатов. Однако почти одновременно «Дельфи»-процедуры стали средством повышения объективности экспертных опросов с использованием количественных оценок при сравнительном анализе составляющих «деревьев целей» и при разработке «сценариев». Основные средства повышения объективности результатов при применении метода «Дельфи» – *использование обратной связи*, ознакомление экспертов с результатами предшествующего тура опроса и учёт этих результатов при оценке значимости мнений экспертов.

Методы организации сложных экспертиз. Рассмотренные выше недостатки экспертных оценок привели к необходимости создания методов, повышающих объективность получения оценок путём расчленения большой первоначальной неопределённости проблемы, предлагаемой эксперту для оценки, на более мелкие, лучше поддающиеся осмыслению.

В качестве простейшего из этих методов может быть использован способ усложнённой экспертной процедуры, предложенный в методике ПАТТЕРН. В этой методике выделяются группы критериев оценки и рекомендуется ввести весовые коэффициенты критериев. Введение критериев позволяет организовать опрос экспертов более дифференцированно, а весовые коэффициенты повышают объективность результирующих оценок.

2.4. МОДЕЛИ СИСТЕМ

Наиболее простой моделью является модель «чёрного ящика». Идея использования «чёрного ящика» возникла от недостаточности внутреннего строения (состава) самой системы, поэтому её мы изображаем в виде непрозрачного чёрного ящика, который обладает следующими свойствами: целостность его и обособленность от среды.

Наряду с очевидностью простоты модели «чёрного ящика» она (простота) обманчива. При описании любой реальной системы очень часто мы сталкиваемся с трудностями в определении всех входов и выходов этой системы. Использование модели «чёрного ящика» даёт те результаты, которые определяются целью системы. Выбор входов «чёрного ящика» является противоположной задачей.

Очевидно, что модель чёрного ящика не рассматривает внутреннее устройство системы, поэтому для развития моделирования и детализации описания состава системы требуется усложнение модели, т.е. создание *модели состава системы*.

Данная модель описывает основные составные части системы, просматривает элементы системы как неделимые части и подсистемы, т.е. модель состава иллюстрирует иерархию составных частей системы.

Для достижения многих практических целей недостаточно моделей «чёрного ящика» или модели состава, необходимо ещё правильно соединить все элементы между собой, т.е. установить или определить отношения между элементами.

Совокупность необходимых и достаточных для достижения целей отношений между элементами называется *структурой системы*.

Бесконечность природы любой системы порождает невообразимое количество этих отношений. Однако при построении системы мы рассматриваем некоторую совокупность важных отношений.

В отношении участвует не менее двух объектов, а свойством мы называем некоторый атрибут только одного объекта, поэтому свойства есть частный случай отношения или следствие отношений между объектами.

Отсюда появилось второе, более глубокое, определение системы – это совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое.

В этом случае модель охватывает «чёрный ящик», модель состава и модель структуры. Вместе они образуют ещё одну модель, которая называется *структурной схемой системы*.

Часто структурная схема описывается с помощью математической модели. Однако в настоящее время системы описываются с помощью схемы, состоящей из элементов и связей между ними. Такая схема называется *графом*.

Темы контрольных и курсовых работ

1. Основные понятия и определения моделей.
2. Основные понятия и определения моделирования теории систем.
3. Уровни моделирования.
4. Виды моделей.
5. Классификация методов моделирования систем.
6. Модели систем.

Тема 3. ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ СИСТЕМ. ИНФОРМАЦИЯ КАК СВОЙСТВО МАТЕРИИ. ТИПЫ СИГНАЛОВ. ПОНЯТИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ. ЭНТРОПИЯ И ЕЁ СВОЙСТВА. КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ. ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ СИСТЕМ

3.1. ИНФОРМАЦИЯ КАК СВОЙСТВО МАТЕРИИ

Свойство любого объекта (его состояние) находится всегда в соответствии с состоянием другого или других объектов, другими словами, один объект содержит информацию о другом. В современной философии информация рассматривается как фундаментальное свойство материи. Поэтому роль информации в современных системах огромна. Понятие информации обладает всеобщностью и имеет смысл философской категории. Для кибернетики и теории систем понятие информации столь же фундаментально и важно, как, например, понятие энергии для физики. Калмогоров (родоначальник кибернетики) сказал, что кибернетика – это наука, которая занимается изучением систем любой природы, способных воспринимать, хранить и перерабатывать информацию и использовать её для управления или регулирования.

Для того чтобы два объекта содержали информацию друг о друге, необходимо, чтобы между их состояниями существовало определённое соответствие. Такое соответствие может установиться только в результате физического взаимодействия между объектами либо через промежуточные объекты.

Сигнал – это материальный носитель информации, средство перенесения информации во времени и пространстве, т.е. это состояние объекта, а любое состояние имеет сигнальные свойства.

В системах (искусственных) сигналы организуют специально, их создают, т.е. создаётся сигнальное состояние, которое называется кодом. Всегда на это соответствие между объектами через передачу сигналов воздействуют помехи – шумы, поэтому происходит нарушение этих состояний из-за рассогласования кодов, через которые взаимодействуют объекты. Иногда специально эти помехи создаются. Ярким примером этого явления является криптография – специальное рассекречивание кодов.

3.2. ТИПЫ СИГНАЛОВ

Поскольку сигналы служат для перенесения информации в пространстве и времени, они должны быть устойчивы как по отношению к течению времени, так и к изменению положения в пространстве. Они делятся на:

- 1) статические;
- 2) динамические.

В первом случае сигналы являются стабильными во времени или не меняющимися, хотя бы в каком-то моменте времени.

Ко второму типу относятся сигналы, которые используются для описания динамических полей, например звук (применяется модуляция и демодуляция).

Понятно, что динамические сигналы преимущественно используются для передачи сигналов, а статические – для хранения.

Сигналы играют в системах особую, очень важную роль. Если энергетические и/или вещественные потоки питают систему, то *потоки информации, переносимые сигналами, организуют её функционирование, управляют её работой*.

Виннер сказал, что общество простирается до тех пределов, до каких распространяется информация, это относится к любой системе, т.е. если мы берём систему общества, то она и развивается, и управляется с помощью информационных потоков, там, где информация прерывается, вы уже вне общества.

3.3. ПОНЯТИЕ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ. ЭНТРОПИЯ И ЕЁ СВОЙСТВА

Первым или специфическим понятием теории информации является понятие неопределённости случайного объекта. Для количественной оценки этой неопределённости было введено понятие, называемое энтропией, т.е. *энтропия* – это количественная мера неопределённости.

В качестве меры неопределённости в теории информации было введено понятие, называемое энтропией случайного объекта или системы.

Если какой-либо объект A имеет состояние A_1, \dots, A_n , а вероятность каждого из этих состояний p_1, \dots, p_n , то энтропия этого события

$$H(A) = -\sum_{k=1}^n p_k \log p_k .$$

Рассмотрим свойства этой энтропии:

- 1) если вероятность наступления одного из n -событий = 1, то энтропия этого состояния равна 0:

$$H(p_1, \dots, p_n) = 0, \text{ при условии } p_i = 1 ;$$

- 2) энтропия достигает своего небольшого значения в том случае, если вероятности p_1, \dots, p_n равны между собой, т.е. $H(p_1, \dots, p_n) = \max$, если

$$p_1 = p_2 = p_3 = \dots = p_n = \frac{1}{n} ; \quad \sum p_i = 1, \quad p_i = 1/n ;$$

3) если объекты A и B независимы, то их энтропия равна сумме энтропий каждого объекта:

$$H(A \cap B) = H\{p_k\} + H\{q_m\} = H(A) + H(B);$$

4) если объекты A и B зависимы, то энтропия их

$$H(A \cap B) = H(A) + H(B/A),$$

т.е. при условии наступления события A ;

5) энтропия события $A \geq$ энтропии $H(A/B)$ события A при событии B

$$H(A) \geq H(A/B),$$

т.е. информация об объекте B всегда уменьшает неопределённость события A , если A и B зависимы, и не изменяется, если события A и B независимы.

Вывод: свойства функционала H возможно использовать в качестве меры неопределённости, причём следует отметить, что если пойти в обратном направлении, т.е. задать желаемые свойства меры неопределённости и искать обладающий указанными свойствами функционал, то условия 2 и 4 позволяют найти этот функционал, причём единственным образом.

3.4. КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ

Процесс получения любой информации можно интерпретировать как изменение неопределённости в результате передачи сигналов. При этом полезный или отправляемый сигнал является последовательностью независимых символов с вероятностью $p(x_i)$, принимаемый сигнал является также набором символов y_k того же кодирования (алфавита), и если у нас отсутствует шум, воздействующий на эту передачу, то принимаемые и отправляемые сигналы $Y_k = X_m$, но поскольку при любой передаче у нас есть помехи, т.е. идёт искажение сигнала, то как на приёмной, так и на передающей сторонах системы у нас появится неопределённость. На передающей стороне $H(X)$ – априорная энтропия, а на приёмной стороне $H(X/Y)$ – апостприорная.

Чтобы оценить количество информации, которое было передано от одного объекта к другому, берётся разность априорной и апостприорной информации, и количество информации в этом случае – разница между энтропиями:

$$I(X, Y) = H(X) - H(X/Y).$$

Свойства количества информации:

1) количество информации в случайном объекте X относительно объекта Y равно количеству информации в Y относительно X :

$$I(X, Y) = I(Y, X);$$

2) количество информации всегда неотрицательно

$$I(X, Y) = I(Y, X) \geq 0;$$

3) для дискретных объектов X справедливо равенство

$$I(X, X) = I(X, X).$$

Таким образом, количество информации требует единицы измерения, за единицу энтропии принимают неопределённость случайного объекта, у которого энтропия его равна 1:

$$H(X) = - \sum_{i=1}^k p_k \log p_k = 1.$$

Для конкретизации берётся $k = 2$ и основание $\log = 2$, тогда получается тождество

$$-p_1 \log_2 p_1 - p_2 \log_2 p_2 = 1.$$

Решением этого тождества является частный случай:

$$p_1 = p_2 = \frac{1}{2}.$$

За единицу информации принята величина, называемая битом («БИТ»). Если мы берём за основание \log_e (\ln) (натуральный \log), то единица информации – «НИТ».

Темы контрольных и курсовых работ

1. Информационный подход к анализу систем.
2. Информация как свойство материи.
3. Типы сигналов.
4. Понятие неопределённости. Энтропия и её свойства.
5. Количество информации.

Тема 4. ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ОСНОВНЫЕ ЕГО ЭТАПЫ. ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА. ПРОЦЕДУРЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕЙ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА. ГЕНЕРИРОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВ. ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА

4.1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ОСНОВНЫЕ ЕГО ЭТАПЫ

Системный анализ в настоящее время вынесен на самое острие научных исследований. Он призван дать научный аппарат для анализа и изучения сложных систем. Лидирующая роль системного анализа обусловлена тем, что развитие науки привело к постановке тех задач, которые призван решать системный анализ. Особенность текущего этапа состоит в том, что системный анализ, ещё не успев сформироваться в полноценную научную дисциплину, вынужден существовать и развиваться в условиях, когда общество начинает ощущать потребность в применении ещё недостаточно разработанных и апробированных методов и результатов и не в состоянии отложить решение связанных с ними задач на завтра. В этом источник как силы, так и слабости системного анализа: силы – потому, что он постоянно ощущает воздействие потребности практики, вынужден непрерывно расширять круг объектов исследования и не имеет возможности абстрагироваться от реальных потребностей общества; слабости – потому, что нередко применение «сырых», недостаточно проработанных методов системных исследований ведёт к принятию скороспелых решений, пренебрежению реальными трудностями.

Широкое распространение идей и методов системного анализа, а главное – успешное их применение на практике стало возможным только с внедрением и повсеместным использованием ЭВМ. Именно применение ЭВМ как инструмента решения сложных задач позволило перейти от построения теоретических моделей систем к широкому их практическому применению. В связи с этим Н.Н. Моисеев пишет, что системный анализ – это совокупность методов, основанных на использовании ЭВМ и ориентированных на исследование сложных систем – технических, экономических, экологических и т.д. Центральной проблемой системного анализа является проблема принятия решения. Применительно к задачам исследования, проектирования и управления сложными системами проблема принятия решения связана с выбором определённой альтернативы в условиях различного рода неопределённости. Неопределённость обусловлена многокритериальностью задач оптимизации, неопределённостью целей развития систем, неоднозначностью сценариев развития системы, недостаточностью априорной информации о системе, воздействием случайных факторов в ходе динамического развития системы и прочими условиями. Учитывая данные обстоятельства, системный анализ можно определить как дисциплину, занимающуюся проблемами принятия решений в условиях, когда выбор альтернативы требует анализа сложной информации различной физической природы.

Главным содержанием системного анализа являются сложные проблемы принятия решений, при изучении которых формальные процедуры представления здравого смысла и способы описания ситуаций играют не меньшую роль, чем формальный математический аппарат.

В системном анализе можно выделить три главных направления. Эти три направления соответствуют трём этапам, которые всегда присутствуют в исследовании сложных систем:

- 1) построение модели исследуемого объекта;
- 2) постановка задачи исследования;
- 3) решение поставленной математической задачи.

Рассмотрим данные этапы.

Построение модели. Построение модели (формализация изучаемой системы, процесса или явления) есть описание процесса на языке математики. При построении модели осуществляется математическое описание явлений и процессов, происходящих в системе. Поскольку знание всегда относительно, описание на любом языке отражает лишь некоторые стороны происходящих процессов и никогда не является абсолютно полным. С другой стороны, следует отметить, что при построении модели необходимо уделять основное внимание тем сторонам изучаемого процесса, которые интересуют исследователя. Глубоко ошибочным является желание при построении модели системы отразить все стороны существования системы. При проведении системного анализа, как правило, интересуются динамическим поведением системы, причём при описании динамики с точки зрения проводимого исследования есть первостепенные параметры и взаимодействия, а есть несущественные в данном исследовании параметры. Таким образом, качество модели определяется соответствием выполненного описания тем требованиям, которые предъявляются к исследованию, соответствием получаемых с помощью модели результатов ходу наблюдаемого процесса или явления. Построение математической модели есть основа всего системного анализа, центральный этап исследования или проектирования любой системы. От качества модели зависит результат всего системного анализа.

Постановка задачи исследования. На данном этапе формулируется цель анализа. Цель исследования предполагается внешним фактором по отношению к системе. Таким образом, цель становится самостоятельным объектом исследования. Цель должна быть формализована. Задача системного анализа состоит в проведении необходимого анализа неопределённостей, ограничений и формулировании в конечном счёте некоторой оптимизационной задачи

$$f(x) \rightarrow \max, x \in G,$$

где x – элемент некоторого нормированного пространства G , определяемого природой модели, $G \subset E$, где E – множество, которое может иметь сколь угодно сложную природу, определяемую структурой модели и особенностями исследуемой системы. Таким образом, задача системного анализа на этом этапе трактуется как некоторая оптимизационная проблема. Анализируя требования к системе, т.е. цели, которые предполагает достигнуть исследователь, и те неопределённости, которые при этом неизбежно присутствуют, исследователь должен сформулировать цель анализа на языке математики. Язык оптимизации оказывается здесь естественным и удобным, но вовсе не единственно возможным.

Решение поставленной математической задачи. Только этот третий этап анализа можно отнести собственно к этапу, использующему в полной степени математические методы. Хотя без знания математики и возможностей её аппарата успешное выполнение двух первых этапов невозможно, так как и при построении модели системы, и при формулировании цели и задач анализа широкое применение должны находить методы формализации. Однако отметим, что именно на завершающем этапе системного анализа могут потребоваться тонкие математические методы. Но следует иметь в виду, что задачи системного анализа могут иметь ряд особенностей, которые приводят к необходимости применения наряду с формальными процедурами эвристических подходов. Причины, по которым обращаются к эвристическим методам, в первую очередь связаны с недостатком априорной информации о процессах, происходящих в анализируемой системе. Также к таковым причинам можно отнести большую размерность вектора x и сложность структуры множества G . В данном случае трудности, возникающие в результате необходимости применения неформальных процедур анализа, зачастую являются определяющими. Успешное решение задач системного анализа требует использования на каждом этапе исследования неформальных рассуждений. Ввиду этого проверка качества решения, его соответствия исходной цели исследования превращается в важнейшую теоретическую проблему.

4.2. ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Конечной целью системного анализа является разрешение проблемной ситуации, возникшей перед объектом проводимого системного исследования (обычно это конкретная организация, коллектив, предприятие, отдельный регион, социальная структура и т.п.). Системный анализ занимается изучением проблемной ситуации, выяснением её причин, выработкой вариантов её устранения, принятием решения и организацией дальнейшего функционирования системы, разрешающего проблемную ситуацию. Начальным этапом любого системного исследования является изучение объекта проводимого системного анализа с последующей его формализацией. На этом этапе возникают задачи, в корне отличающие методологию системных исследований от методологии других дисциплин: в системном анализе решается двуединая задача. С одной стороны, необходимо формализовать объект системного исследования, с другой стороны, формализации подлежит процесс исследования системы, процесс постановки и решения проблемы. Приведём пример из теории проектирования систем. Современная теория автоматизированного проектирования сложных систем может рассматриваться как одна из частей системных исследований. Согласно ей проблема проектирования сложных систем имеет два аспекта. Во-первых, требуется осуществить формализованное описание объекта проектирования. Причём на этом этапе решаются задачи формализованного описания как статической составляющей системы (в основном формализации подлежит её структурная организация), так и её поведения во времени (динамические аспекты, которые отражают её функционирование). Во-вторых, требуется формализовать процесс проектирования. Составными частями процесса проектирования являются методы формирования различных проектных решений, методы их инженерного анализа и методы принятия решений по выбору наилучших вариантов реализации системы.

В различных областях практической деятельности (технике, экономике, социальных науках, психологии) возникают ситуации, когда требуется принимать решения, для которых не удаётся полностью учесть предопределяющие их условия. Принятие решения в таком случае будет происходить в условиях неопределённости, которая имеет различную природу. Один из простейших видов неопределённости – неопределённость исходной информации, проявляющаяся в различных аспектах. В первую очередь отметим такой аспект, как воздействие на систему неизвестных факторов.

Неопределённость, обусловленная неизвестными факторами, также бывает разных видов. Наиболее простой вид такого рода неопределённости – *стохастическая неопределённость*. Она имеет место в тех случаях, когда неизвестные факторы представляют собой случайные величины или случайные функции, статистические характеристики которых могут быть определены на основании анализа прошлого опыта функционирования объекта системных исследований.

Следующий вид неопределённости – *неопределённость целей*. Формулирование цели при решении задач системного анализа является одной из ключевых процедур, потому что цель является объектом, определяющим постановку задачи системных исследований. Неопределённость цели является следствием из многокритериальности задач системного анализа. Назначение цели, выбор критерия, формализация цели почти всегда представляют собой трудную проблему. Задачи со многими критериями характерны для крупных технических, хозяйственных, экономических проектов.

И наконец, следует отметить такой вид неопределённости, как неопределённость, связанная с последующим влиянием результатов принятого решения на проблемную ситуацию. Дело в том, что решение, принимаемое в настоящий момент и реализуемое в некоторой системе, призвано повлиять на функционирование системы. Собственно для того оно и принимается, так как по идее системных аналитиков данное решение должно разрешить проблемную ситуацию. Однако поскольку решение принимается для сложной системы, то развитие системы во времени может иметь множество стратегий. И конечно же, на этапе формирования решения и принятия управляющего воздействия аналитики могут не представлять себе полной картины развития ситуации. При принятии решения существуют различные рекомендации прогнозирования развития системы во времени. Один из таких подходов рекомендует прогнозировать некоторую «среднюю» динамику развития системы и принимать решения исходя из такой стратегии. Другой подход рекомендует при принятии решения исходить из возможности реализации самой неблагоприятной ситуации.

4.3. ПРОЦЕДУРЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Указанные три этапа проведения системного анализа являются укрупнённой схемой решения задачи. В действительности задачи системного анализа являются достаточно сложными, поэтому перечисление этапов не может быть самоцелью. Отметим также, что методика проведения системного анализа и руководящие принципы не являются универсальными – каждое исследование имеет свои особенности и требует от исполнителей интуиции, инициативы и воображения, чтобы правильно определить цели проекта и добиться успеха в их достижении. Неоднократно имели место попытки создать достаточно общий, универсальный алгоритм системного анализа. Тщательное рассмотрение имеющихся в литературе алгоритмов показывает, что у них большая степень общности в целом и различия в частностях, деталях. Постараемся изложить основные процедуры алгоритма проведения системного анализа, которые являются обобщением последовательности этапов проведения такого анализа, сформулированных рядом авторов, и отражают его общие закономерности.

Перечислим основные процедуры системного анализа:

- изучение структуры системы, анализ её компонентов, выявление взаимосвязей между отдельными элементами;
- сбор данных о функционировании системы, исследование информационных потоков, наблюдения и эксперименты над анализируемой системой;
- построение моделей;
- проверка адекватности моделей, анализ неопределённости и чувствительности;
- исследование ресурсных возможностей;
- определение целей системного анализа;
- формирование критериев;
- генерирование альтернатив;
- реализация выбора и принятие решений;
- внедрение результатов анализа.

4.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕЙ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Формулирование проблемы. Для традиционных наук начальный этап работы заключается в постановке формальной задачи, которую надо решать. В исследовании сложной системы это промежуточный результат, которому предшествует длительная работа по структурированию исходной проблемы. Начальный пункт определения целей в системном анализе связан с формулированием проблемы. Здесь следует отметить следующую особенность задач системного анализа. Необходимость системного анализа возникает тогда, когда заказчик уже сформулировал свою проблему, т.е. проблема не только существует, но и требует решения. Однако системный аналитик должен отдавать себе отчёт в том, что сформулированная заказчиком проблема представляет собой приблизительный рабочий вариант. Причины, по которым исходную формулировку проблемы необходимо считать в качестве первого приближения, состоят в следующем. Система, для которой формулируется цель проведения системного анализа, не является изолированной. Она связана с другими системами, входит как часть в состав некоторой надсистемы, например, автоматизированная система управления отделом или цехом на предприятии является структурной единицей АСУ всего предприятия. Поэтому, формулируя проблему для рассматриваемой системы, необходимо учитывать, как решение данной проблемы отразится на системах, с которыми связана данная система. Неизбежно планируемые изменения затронут и подсистемы, входящие в состав данной системы, и надсистему, содержащую данную систему. Таким образом, к любой реальной проблеме следует относиться не как к отдельно взятой, а как к объекту из числа взаимосвязанных проблем.

Определение целей. После того как сформулирована проблема, которую требуется преодолеть в ходе выполнения системного анализа, переходят к определению цели. Определить цель системного анализа – это означает ответить на вопрос, что надо сделать для снятия проблемы. Сформулировать цель – значит указать направление, в котором следует двигаться, чтобы разрешить существующую проблему, показать пути, которые уведут от существующей проблемной ситуации.

Формулируя цель, требуется всегда отдавать себе отчёт в том, что она имеет активную роль в управлении. В определении цели было отражено, что цель – это желаемый результат развития системы. Таким образом, сформулированная цель системного анализа будет определять весь дальнейший комплекс работ. Следовательно, цели должны быть реалистичны. Задание реалистичных целей направит всю деятельность по выполнению системного анализа на получение определённого полезного результата. Важно также отметить, что представление о цели зависит от стадии познания объекта, и по мере развития представлений о нём цель может быть переформулирована. Изменение целей во времени может происходить не только по форме, в силу всё лучшего понимания сути явлений, происходящих в исследуемой системе, но и по содержанию, вследствие изменения объективных условий и субъективных установок, влияющих на выбор целей. Сроки изменения представлений о целях, старения целей различны и зависят от уровня иерархии рассмотрения объекта. Цели более высоких уровней долговечнее. Динамичность целей должна учитываться в системном анализе.

При формулировании цели нужно учитывать, что на цель оказывают влияние как внешние по отношению к системе факторы, так и внутренние. При этом внутренние факторы являются такими же объективно влияющими на процесс формирования цели факторами, как и внешние.

4.5. ГЕНЕРИРОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВ

Следующим этапом системного анализа является создание множества возможных способов достижения сформулированной цели. Иными словами, на данном этапе необходимо сгенерировать множество альтернатив, из которых затем будет осуществляться выбор наилучшего пути развития системы. Данный этап системного анализа является очень важным и трудным. Важность его заключается в том, что конечная цель системного анализа состоит в выборе наилучшей альтернативы на заданном множестве и в обосновании этого выбора. Если в сформированное множество альтернатив не

попала наилучшая, то никакие самые совершенные методы анализа не помогут её вычислить. Трудность этапа обусловлена необходимостью генерации достаточно полного множества альтернатив, включающего в себя на первый взгляд даже самые нереализуемые.

Генерирование альтернатив, т.е. идей о возможных способах достижения цели, является настоящим творческим процессом. Существует ряд рекомендаций о возможных подходах к выполнению рассматриваемой процедуры. Необходимо генерировать как можно большее число альтернатив. Имеются следующие способы генерации:

- а) поиск альтернатив в патентной и журнальной литературе;
- б) привлечение нескольких экспертов, имеющих разную подготовку и опыт;
- в) увеличение числа альтернатив за счёт их комбинации, образования промежуточных вариантов между предложенными ранее;
- г) модификация имеющейся альтернативы, т.е. формирование альтернатив, лишь частично отличающихся от известной;
- д) включение альтернатив, противоположных предложенным, в том числе и «нулевой» альтернативы (не делать ничего, т.е. рассмотреть последствия развития событий без вмешательства системотехников);
- е) интервьюирование заинтересованных лиц и более широкие анкетные опросы;
- ж) включение в рассмотрение даже тех альтернатив, которые на первый взгляд кажутся надуманными;
- з) генерирование альтернатив, рассчитанных на различные интервалы времени (долгосрочные, краткосрочные, экстренные).

4.6. ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА

В настоящее время вопросам внедрения результатов системного анализа в практику уделяется повышенное внимание. Следует заметить, что практика системных исследований и практика внедрения их результатов существенно различаются для систем разных типов. Согласно классификации системы делятся на три типа: естественные, искусственные и социотехнические.

При внедрении результатов системного анализа необходимо иметь в виду следующее обстоятельство. Работа осуществляется на клиента (заказчика), обладающего властью, достаточной для изменения системы теми способами, которые будут определены в результате системного анализа. В работе должны непосредственно участвовать все заинтересованные стороны. Заинтересованные стороны – это те, кто отвечает за решение проблемы, и те, кого эта проблема непосредственно касается. В результате внедрения системных исследований необходимо обеспечить улучшение работы организации заказчика с точки зрения хотя бы одной из заинтересованных сторон; при этом не допускаются ухудшения этой работы с точки зрения всех остальных участников проблемной ситуации.

Говоря о внедрении результатов системного анализа, важно отметить, что в реальной жизни ситуация, когда сначала проводят исследования, а затем их результаты внедряют в практику, встречается крайне редко, лишь в тех случаях, когда речь идёт о простых системах. При исследовании социотехнических систем они изменяются с течением времени как сами по себе, так и под влиянием исследований. В процессе проведения системного анализа изменяются состояние проблемной ситуации, цели системы, персональный и количественный состав участников, соотношения между заинтересованными сторонами. Кроме того, следует заметить, что реализация принятых решений влияет на все факторы функционирования системы. Этапы исследования и внедрения в такого типа системах фактически сливаются, т.е. идёт итеративный процесс. Проводимые исследования оказывают влияние на жизнедеятельность системы, и это видоизменяет проблемную ситуацию, ставит новую задачу исследований. Новая проблемная ситуация стимулирует дальнейшее проведение системного анализа и т.д. Таким образом, проблема постепенно решается в ходе активного исследования.

Темы контрольных и курсовых работ

1. Определения системного анализа.
2. Основные этапы системного анализа.
3. Особенности задач системного анализа.
4. Процедуры системного анализа.
5. Определение целей системного анализа.
6. Генерирование альтернатив.
7. Внедрение результатов анализа.

Тема 5. СЛОЖНАЯ СИСТЕМА. СЛОИ. СТРАТЫ. ЭШЕЛОНЫ

5.1. СЛОЖНАЯ СИСТЕМА

Некоторые авторы связывают понятие «сложная система» со сложностью отношений, алгоритмов, или сложностью поведения. В частности, Ю.И. Черняк называет сложной «такую систему, которая строится для решения многоцелевой, многоаспектной задачи» [15, 16].

Из этого понятия следует, что сложная система отражает объект «с разных сторон в нескольких моделях, каждая из которых имеет свой язык», а для согласования этих моделей нужен особый метаязык. При этом подчёркивалось наличие у сложной системы «сложной, составной цели» или даже «разных целей» и «одновременно многих структур у одной системы (например, технологической, административной, функциональной и т.д.)».

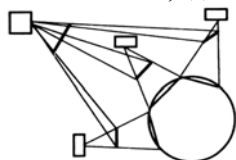


Рис. 5.1. Сложная система

Для того чтобы точнее пояснить понятие сложной системы, проиллюстрируем его рисунком. В частности, при определении сложной системы вводят понятие «несравнимые аспекты характеристики объекта» и включают в определение необходимость использования нескольких «языков» и разных моделей.

Это понятие также связано с понятием наблюдателя: для изучения сложной системы необходимо несколько наблюдателей, принципиально разной квалификации (например, инженер-

машиностроитель, инженер-автоматчик, инженер-вычислитель, экономист, а возможно, и юрист, психолог и т.п.).

Из вышесказанного следует, что сложные системы состоят из большого числа взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, каждый из которых может быть представлен в виде системы (подсистемы). Сложные системы характеризуются многомерностью (большим числом составленных элементов), многообразием природы элементов, связей, разнородностью структуры.

К сложной можно отнести систему, обладающую по крайней мере одним из нижеперечисленных признаков:

- систему можно разбить на подсистемы и изучать каждую из них отдельно;
- система функционирует в условиях существенной неопределённости и воздействия среды на неё, обуславливает случайный характер изменения её показателей;
- система осуществляет целенаправленный выбор своего поведения.

Сложные системы обладают свойствами, которыми не обладает ни один из составляющих элементов. Сложными системами являются живые организмы, в частности человек, ЭВМ и т.д. Особенность сложных систем заключается в существенной взаимосвязи их свойств.

5.2. ПРИМЕРЫ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ. СЛОИ (УРОВНИ СЛОЖНОСТИ)

Слои (уровни сложности) – вид многоуровневой структуры, предложенный М. Месаровичем для организации процессов принятия решений. Слои или уровни сложности принимаемого решения выделяются для уменьшения неопределённости ситуации [10].

Иными словами, определяется совокупность последовательно решаемых проблем. При этом выделение проблем осуществляется таким образом, чтобы решение вышележащей проблемы определяло бы ограничения (допустимую степень упрощения) при моделировании на нижележащем уровне, т.е. снижало бы неопределённость нижележащей проблемы, но без утраты замысла решения общей проблемы.

Многослойную иерархию можно проиллюстрировать рис. 5.2: каждый слой представляет собой блок D_i , принимающий решения и вырабатывающий ограничения X_j для нижележащего ($i - 1$)-го блока.

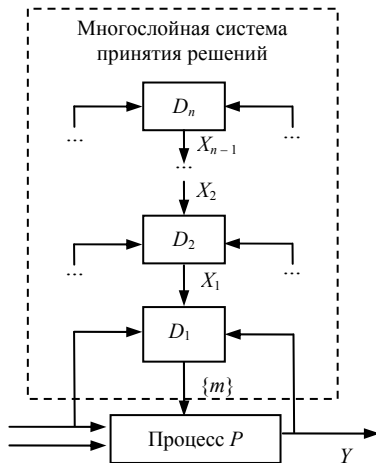


Рис. 5.2. Многослойная иерархия

Многослойные системы принятия решений полезно формировать для решения задач планирования и управления промышленными предприятиями, отраслями, народным хозяйством в целом. При постановке и решении таких проблем нельзя раз и навсегда определить цели, выбрать конкретные действия: экономические и технологические условия производства непрерывно изменяются. Всё это можно отразить в многослойной модели принятия решений.

5.3. СТРАТЫ

Страты – класс многоуровневых иерархических структур. Термин предложен М. Месаровичем [10].

При отображении сложных систем основная проблема состоит в том, чтобы найти компромисс между простой описания, позволяющей составить и сохранять целостное представление об исследуемом или проектируемом объекте, и детализацией описания, позволяющей отразить многочисленные особенности конкретного объекта. Один из путей решения этой проблемы – задание системы семейством моделей, каждая из которых описывает поведение системы с точки зрения соответствующего уровня абстрагирования. Для каждого уровня существуют характерные особенности, законы и принципы, с помощью которых описывается поведение системы на этом уровне. Такое представление названо стратифицированным, а уровни абстрагирования – стратами.

Начинать изучение системы можно с любой страты, в том числе и находящейся в середине стратифицированной модели. На каждой страте могут разрабатываться и применяться свои модели, но система сохраняется до тех пор, пока не изменяется представление о ней на верхней страте, т.е. сохраняется концепция, замысел, который раскрывается, детализируется в стратифицированной модели на каждом уровне.

Страты могут выделяться по разным принципам. Например, при представлении системы управления предприятием страты могут соответствовать сложившимся уровням управления: управление *технологическими* процессами (собственно производственным процессом) и *организационное* управление предприятием. Если предприятие входит в объединение, то к этим двум стратам может быть добавлен уровень управления объединением.

5.4. ЭШЕЛОН

Эшелон – понятие, введённое в теории *многоуровневых иерархических систем* М. Месаровича [10].

В этой теории понятие *многоэшелонной* иерархической структуры вводится следующим образом: система представляется в виде относительно независимых, взаимодействующих между собой подсистем; при этом некоторые (или все) подсистемы имеют права принятия решений, а иерархическое расположение подсистем (многоэшелонная структура) определяется тем, что некоторые из них находятся под влиянием вышестоящих или управляются ими. Структурные представления такого типа условно иллюстрируются рис. 5.3. Уровень такой иерархии называют *эшелоном*.

Основной отличительной особенностью многоэшелонной структуры является предоставление подсистемам всех уровней определённой свободы в выборе их собственных решений; причём эти решения могут быть (но не обязательно) не теми решениями, которые бы выбрал вышестоящий уровень. Месарович М. показывает, что предоставление свободы действий в принятии решений компонентам всех эшелонов иерархической структуры повышает эффективность её функционирования.

Подсистемам предоставляется определённая свобода и в выборе целей. Поэтому *многоэшелонные* структуры называют также *многоцелевыми*.

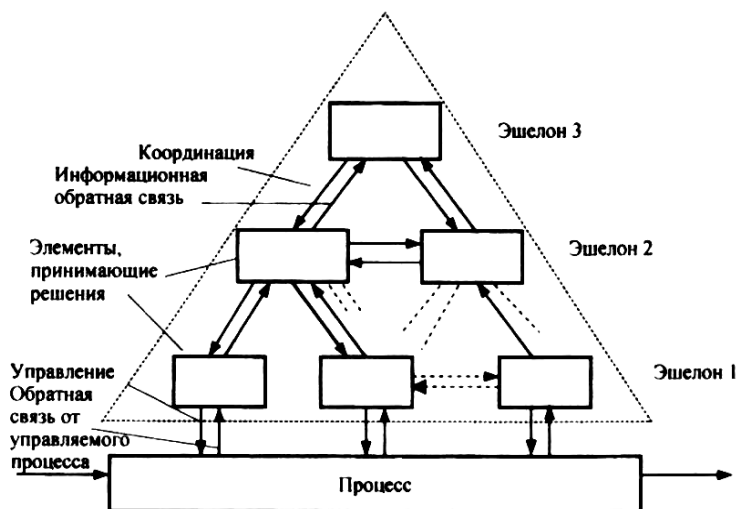


Рис. 5.3. Многоэшелонная иерархическая структура

В таких системах могут быть использованы разные способы принятия решений. Естественно, что при предоставлении прав самостоятельности в принятии решений подсистемы могут формировать противоречащие друг другу («конфликтные») цели и решения, что затрудняет управление, но является в то же время одним из условий повышения эффективности функционирования системы. Разрешение конфликтов достигается путём вмешательства вышестоящего эшелона. Управляющие воздействия для разрешения этих противоречий со стороны вышестоящих уровней иерархии могут быть разной силы.

Темы контрольных и курсовых работ

1. Понятие «сложная система».
2. Слои.
3. Страты.
4. Эшелон.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

При оформлении работы следует учитывать следующие требования.

Контрольная работа должна содержать:

- титульный лист;
- основной раздел в соответствии с выбранным заданием;
- список используемых источников.

Примерный объём работы 10 – 15 страниц.

Титульный лист является первой страницей работы.

Текст работы должен быть набран на компьютере в текстовом редакторе Word с междустрочным интервалом 1,5 шрифтом Times New Roman, размер шрифта 14 пт и распечатан на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210 × 297 мм).

Отступы полей в работе:

- верхний: 2 см
- нижний: 2 см
- левый: 3 см

– правый: 1,5 см.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным 1 ... 1,5 см.

В тексте работы не должно быть сокращений слов, за исключением общепринятых.

Нумерация страниц работы осуществляется начиная с титульного листа. Номера страниц проставляются в правом верхнем углу относительно текста, за исключением титульного листа.

В конце работы должен быть список используемых источников, включающий все проработанные по теме работы информационные источники и научную литературу в алфавитном порядке. Список должен содержать не менее пяти источников.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анохин, П.К. Избранные труды: философские аспекты теории систем / П.К. Анохин. – М. : Наука, 1978.
2. Анфилатов, В.С. Системный анализ в управлении : учеб. пособие / В.С. Анфилатов и др. ; под ред. А.А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
3. Бергаланфи, Л. фон. История и статус общей теории систем / Л. фон Бергаланфи // Системные исследования : ежегодник. – М. : Наука, 1973. – С. 20 – 37.
4. Бергаланфи, Л. фон. Общая теория систем: критический обзор / Л. фон Бергаланфи // Исследования по общей теории систем. – М. : Прогресс, 1969. – С. 23 – 82.
5. Волкова, В.Н. Основы теории систем и системного анализа : учебник для вузов / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – 3-е изд. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 2003.
6. Волкова, В.Н. Системный анализ и его применение в АСУ / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – Л. : ЛПИ, 1983. – 83 с.
7. Директор, С. Введение в теорию систем / С. Директор, Д. Рорар. – М. : Мир, 1974. – 286 с.
8. Лопухин, М.М. ПАТТЕРН – метод планирования и прогнозирования научных работ / М.М. Лопухин. – М. : Советское радио, 1971. – 160 с.
9. Месарович, М. Общая теория систем: математические основы / М. Месарович, И. Такахара. – М. : Мир, 1978. – 311 с.
10. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – М. : Мир, 1973.
11. Основы общей теории систем : учеб. пособие. – СПб. : ВАС, 1992. – Ч. 1.
12. Перегудов, Ф.И. Введение в системный анализ : учеб. пособие / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М. : Высшая школа, 1989. – 367 с.
13. Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи / В.Н. Волкова, В.А. Воронков, А.А. Денисов и др. – М. : Радио и связь, 1983. – 248 с.
14. Чернышов, В.Н. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие / В.Н. Чернышов, А.В. Чернышов. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2008.
15. Черняк, Ю.И. Анализ и синтез систем в экономике / Ю.И. Черняк. – М. : Экономика, 1970. – 151 с.
16. Черняк, Ю.И. Системный анализ в управлении экономикой / Ю.И. Черняк. – М. : Экономика, 1975. – 191 с.