

Тема 2 Основы системного анализа

Определение системы. Описание и эволюция связей системы

Термин *система* используют в тех случаях, когда хотят охарактеризовать объект как нечто целое, о котором невозможно сразу дать представление.

Объект рассматривается как совокупность элементов (компонентов, объектов, частей), наделенных свойствами и находящихся в определенных отношениях (связях) друг с другом и со средой. Само представление системы зависит также от совокупности целей, исследователя (субъекта, наблюдателя) и его языка (выбор метода моделирования, отображения объекта и/или процесса принятия решения).

Так что в общем случае система определена как

$$S_{def} \equiv \langle A, R, Z, N, G \rangle,$$

где $A = \{a_i\}$ – компоненты системы (объекта),

$R = \{r_j\}$ – связь (отношения) компонент,

$Z = \{z_k\}$ – совокупность целей,

$N = \{n_m\}$ – наблюдатель/наблюдатели (эксперты),

$G = \{g_l\}$ – метод моделирования (отображения).

Если элементы неоднородны, то они могут разбиваться на подгруппы. Для описания могут включаться и свойства (атрибуты) элементов. Эволюция определения системы прослеживается по записи

$S_{def} \equiv \langle A, R \rangle$ (Л. фон Берталанфи, А. Холл, А.И. Уемов),

$S_{def} \equiv \langle A, B, R \rangle$ (М. Месарович), здесь B – свойства элементов,

$S_{def} \equiv \langle A, R, Z \rangle$ (Ф.Е. Темников, В.И. Вернадский, У.Р. Гибсон, П.К. Анохин, М.Г. Гаазе-Рапопорт),

$S_{def} \equiv \langle A, R, Z, N \rangle$ (В.Н. Сагатовский, У.Р. Эшби, Ю.И. Черняк),

$S_{def} \equiv \langle A, R, Z, N, G \rangle$ (современное представление).

По этой причине понятие системы следует относить к категории теории познания, отражения.

На разных этапах исследования существуют разные аспекты понятия системы (страты):

- философский (теоретико-познавательный),
- научно-исследовательский (язык научной теории),
- проектный (расчеты, схемы),
- инженерный (конструкция, документация),
- технологический (документация),
- материальный (воплощение системы).

Начинать изучение системы можно с любой страты, а также можно по необходимости добавлять новые. На каждой страте используется свое описание, своя модель.

Например, если система текст, то модель текста в стратифицированном виде можно представить так:

буквы – слова – предложения – абзацы – страницы – текст.

Методика системного анализа (модель) можно разрабатываться и для одной из страт, что, как правило, и бывает на практике.

Среда и система.

На первых этапах анализа важно отделить систему от среды, с которой взаимодействует система. Частным случаем такого отделения является определение системы через входы и выходы, посредством которых она общается со средой. Такое представление в кибернетике и теории систем называют черным ящиком. Сложное взаимодействие системы с ее окружением отражено в следующем определении [В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин]:

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

Такому представлению в среде соответствует определение:

среда есть совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы.

Различному представлению объектов: среда – система – наблюдатель соответствуют разные схемы связей, представленные на рис.1.

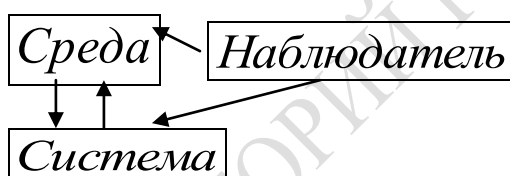


Рис 1.а. Отвлечение.

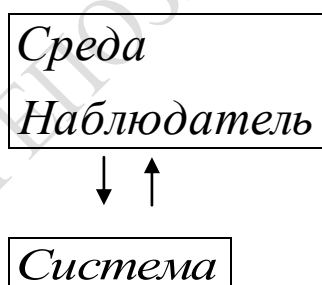


Рис.1.б. Изоляция

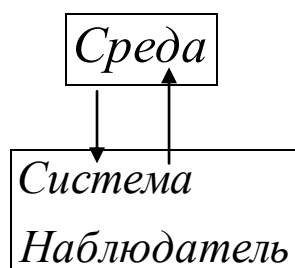


Рис.1.в. Погружение.

Выделяет систему из среды наблюдатель в соответствии с целями исследования. При этом возможны три случая положения наблюдателя:

- 1) наблюдатель относит себя к среде, и представив систему как полностью изолированную от среды, строит *замкнутую* модель (*изоляция*);

- 2) наблюдатель включает себя в систему и моделирует ее с учетом своего влияния и влияния системы на свои представления о ней (например, экономические системы) (*погружение*);
- 3) наблюдатель выделяет себя из среды и системы и рассматривает систему как *открытую*, постоянно взаимодействующую со средой, учитывая этот факт при моделировании (идеальный наблюдатель) (*отвлечение*).

В процессе исследований граница между средой и системой может деформироваться (уточняться) (прогрессирующая изоляция и прогрессирующая систематизация).

Если в системе выделяется доминирующий элемент, то система называется **централизованной** – небольшие изменения ведущей части системы вызывают значительное изменение всей системы. Если в системе нет главного (ведущего) элемента, то такая система **децентрализована**.

Описание системы должно быть адекватно реальности. Излишнее упрощение приводит к результатам сомнительной достоверности, а переусложнение приводит к большим материальным затратам.

Связи и цели в системе.

Элементы системы связаны друг с другом, обеспечивая ее строение (статика) и функционирование (динамика). Само понятие «связь» определяют как ограничение степени свободы элементов. Связи характеризуют направлением, силой, характером (видом). Поэтому связи могут быть:

- направленные и ненаправленные;
- сильные и слабые;
- подчиненные и равноправные;
- управления и информационные;
- внутренние и внешние;
- прямые и обратные (положительная и отрицательная);
- обратные связи могут быть положительными и отрицательными.

Понятие обратной связи играет важную роль в моделировании систем. Она просто иллюстрируется в технических системах, но не всегда легко реализуется в конкретных условиях организационных систем управления. Обратная связь в системе всегда должна быть замкнута.

Обратная связь является основой саморегулирования, развития, приспособления систем. В сложных системах одновременно присутствуют и отрицательная и положительная обратная связь.

Процесс моделирования цели в сложных системах.

В основе развития систем лежит понятие цель и связанные с ним целенаправленность, целесообразность.

В зависимости от стадии познания объекта (этапа системного анализа), в понятие цель вкладывают разные оттенки – от философских до конкретных целей - результатов, формулируемых иногда даже в терминах конечного продукта.

Поведение одной и той же системы может быть описано и

- 1) в терминах цели, и
- 2) в терминах целевых функционалов, связывающих цели со средствами их достижения (*аксиологическое* представление), и
- 3) в терминах влияния одних элементов на другие – в терминах пространства состояний (*каузально*).

В энциклопедии даётся следующее определение цели:

Цель - это заранее мыслимый результат сознательной деятельности человека. Разновидность цели – мечта – это цель, не обеспеченная средствами её достижения.

В практике коллективного принятия решений необходимо оговаривать, в каком смысле на данном этапе используется понятие цель:

- идеальные устремления (перспектива),
- реальные возможности (своевременность завершения).

Анализ процессов формирования глобальной цели в сложных системах показывает, что эта цель возникает в сознании не как единичное понятие, а как достаточно размытая область цели (ее образ). Достичь одинакового понимания на уровне обобщающей цели достаточно трудно. Поэтому проводится декомпозиция цели, представляемая в виде структуры. Такая структура помогает достичь одинакового понимания общей цели всеми исполнителями.

Цели могут представляться в виде сетевых структур во времени, и матричных и иерархических структур в пространстве. На начальных этапах моделирования системы удобнее декомпозиция в пространстве. Матричное представление позволяет выявить существенные подцели на пересечении двух или более признаков (структуризации), а иерархическое представление означает уровень достижения цели.

При построении иерархических структур выполняются следующие закономерности:

1. Построение структуры сверху – целевой подход (декомпозиция) и построение структуры снизу - морфологический, лингвистический, тезаурусный, терминальный подходы или метод «языка системы». Обычно сочетание.
2. На всех уровнях (подуровнях) трудно использовать философское понятие цели и поэтому удобнее присваивать им конкретные названия: направления, задания, программа и т.п.
3. По мере перехода с верхнего уровня вниз происходит смещение от цели - направления (идеал, мечта) к конкретным целям, которые на нижнем уровне могут сопровождаться критерием оценки ее выполнения.
4. Цели на одном уровне иерархии описываются на одном языке описаний.
5. Одну и ту же цель можно представить разными структурами (на разных уровнях).
6. На каждом уровне выделенные части должны быть по возможности логически независимыми.

7. При формировании целей и подцелей формулируются критерии их оценки. Одной подцели может соответствовать несколько критериев. В этом случае строят отдельное дерево критериев.
8. На каждом уровне число ветвей, подчиняющихся одному узлу (вершине) должно быть $\leq 7 \pm 2$. (Гипотеза Миллера, число Колмогорова).

Это число учитывает ограниченные возможности оперативной памяти человека. Чтобы человек мог сохранить представление о целостности и произвести анализ рекомендуют представлять ему одновременно не более чем 7 ± 2 компонентов. (Доказательство в «Теория систем и методы системного анализа в управлении и связи», В.Н.Волкова и др., М. Радио и связь, 1983, -248 с).

Представление системы.

Любая система может быть представлена как чёрный ящик с перечислением элементов и входов-выходов. Однако чаще используется отображение в виде структуры, которая характеризует упорядоченность элементов и связей. Структура может быть представлена в матричной форме, теоретико-множественным описанием, на языке топологии, алгебры и других средств моделирования, графическое отображение.

Структуры с произвольными связями обычно используют на начальном этапе познания (рис.2).

Графическое отображение часто используется для сетевых структур:

- сетевая структура (телефонная станция, электрическая сеть, сетевой график работ и т.п.). В структуре выделяют вершины рёбра и пути.
- иерархическая структура – деревья. В них выделяют уровни подчинённости. Каждый уровень:
 - страт или уровень сложности (слой) (пример на рис. 3.);
 - эшелон – уровень влияния (подсистемам предоставляется определённая свобода в формировании целей, поэтому такие система называют также многоцелевыми) (пример на рис.4.).

Напомним, что число уровней и количество элементов уровня не должны превышать 7 ± 2 (гипотеза Миллера, число Колмогорова).

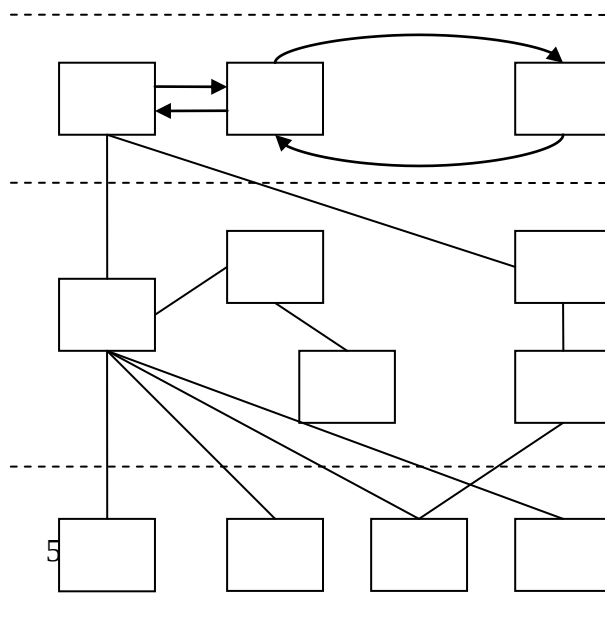
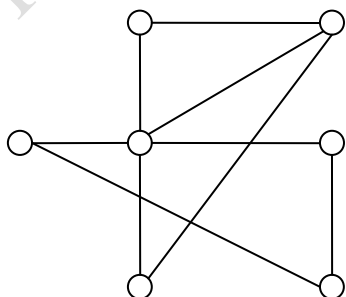


Рис. 2. Пример структур с произвольными связями.

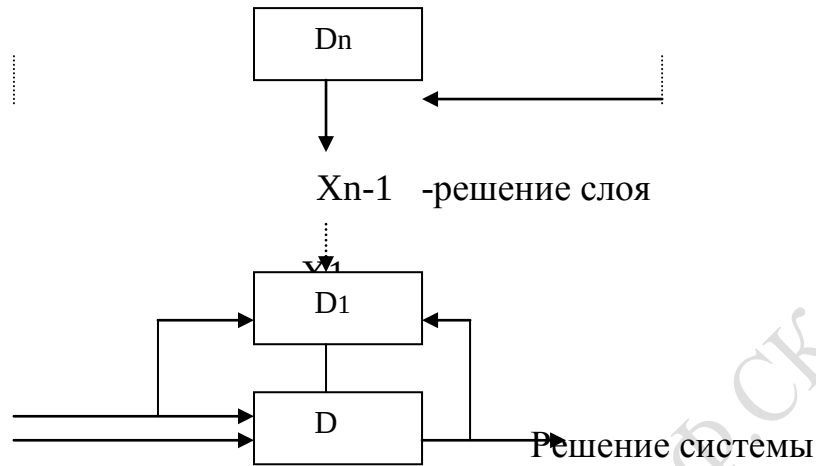


Рис.3. Многослойная система принятия решений

Пример *стратифицированного* описания:

Система:

Страта 6: Философское или теоретико-познавательное описание замысла системы;

Страта 5: Представление системы на языке выбранной научной теории;

Страта 4: Проектное представление системы;

Страта 3: Конструкция (Конструкторская документация);

Страта 2: Технология (Технологическая документация);

Страта 1: Материальное воплощение системы.

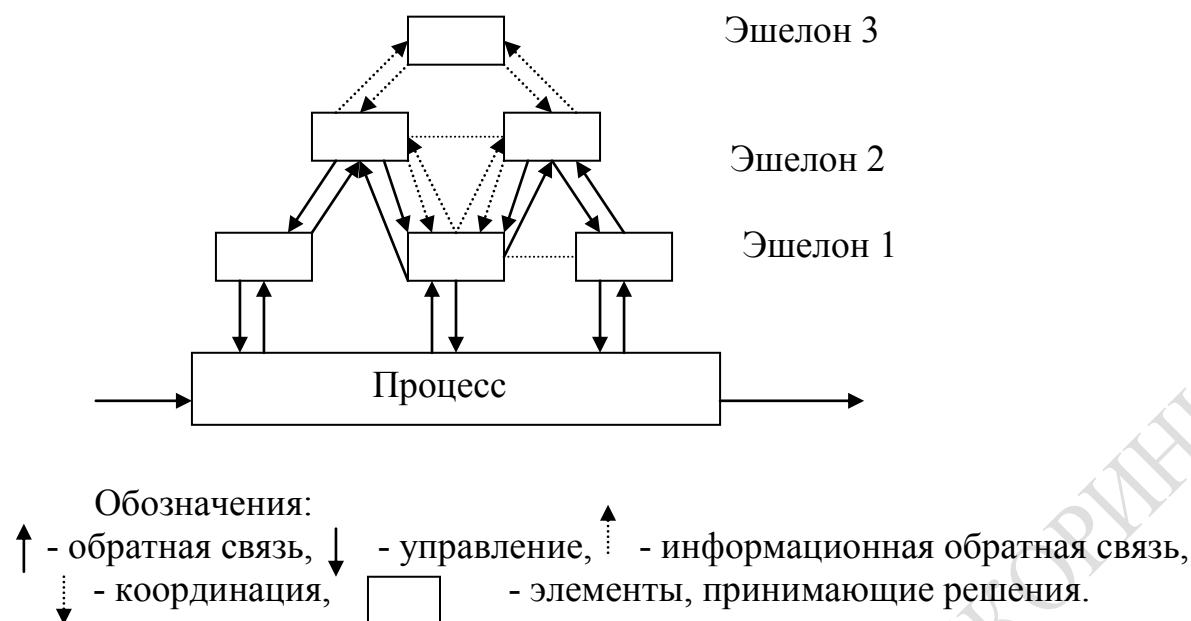


Рис. 4. Многоэшелонное представление системы.

Основные понятия и классификация систем.

Основные понятия.

Функционирование и развитие систем характеризуют понятия: состояние, поведение, равновесие, устойчивость, развитие. Эти понятия часто используют при классификации систем.

Состояние характеризует мгновенную фотографию, срез системы, остановку её в развитии:

- состояние покоя (стабильные входные и выходные сигналы);
- состояние равномерного движения (стабильная скорость и т.п.).

Если рассматривать компоненты системы θ , управляющие входы u , возмущающие ξ , а выходы y , то $y = f(\theta, u, \xi)$ и состояние можно определить как $\{\theta, u\}$, $\{\theta, u, y\}$, $\{\theta, u, \xi, y\}$.

Если система способна переходить из одного состояния в другое, то говорят, что она обладает поведением. Этим понятием пользуются, когда неизвестны закономерности (правила) перехода из одного состояния в другое. Поведение можно представить как функцию:

$$S_t = f(S_{t-1}, u(t), \xi(t)).$$

Понятие равновесие определяет способность системы в отсутствии внешних возмущений сохранять своё поведение сколь угодно долго (например, экономические системы).

Под устойчивостью понимают способность системы возвращаться в состояние равновесия, если она была выведена из этого состояния. При постоянном управляющем воздействии u это возможно, если отклонения не превышают некоторого предела. Такое состояние равновесия называют устойчивым.

Понятие развитие помогает объяснить сложные процессы в природе и обществе. Системы с таким свойством называют развивающимися.

Классификация систем.

Классификация может быть проведена по различным признакам:

- по виду объекта: технические, биологические, экономические и т.п.;
- по виду научного направления: математические, физические, химические;
- детерминированные и стохастические;
- открытые и закрытые;
- абстрактные и реальные ...

Классификации всегда относительны, т.к. в любой системе можно найти признаки разных классов.

Цель любой классификации - ограничить выбор подходов к отображению системы, при этом система может находиться одновременно в разных классификациях, что может оказаться полезным при выборе моделей и методов моделирования.

Рассмотрим для примера некоторые классификации:

1. Открытые и закрытые системы.

Отличительная черта- способность обмена со средой массой, энергией, информацией. Закрытые системы изолированы от среды. В открытых системах возможно развитие в сторону увеличения порядка сложности (самоорганизация).

2. Простые и сложные системы.

Наиболее трудна классификация систем по сложности. Ее можно связать с размерами системы, классифицировать по сложности связей, по сложности поведения.

3. Живые и неживые системы.

Неживые системы:

статические структуры (кристалл),
простые динамические (часы),
кибернетические (термостат).

Живые системы:

открытые с самосохраняемой структурой (клетки),
с низкой способностью восприятия информации (растения),
с более развитой способностью восприятия информации, но без самосознания (животные),
с самосознанием (люди),
социальные системы (организации),
трансцендентные системы (что пока вне нашего понимания, например, параллельные миры).

4. По степени организованности систем выделяют *хорошо организованные* и *плохо организованные* (диффузионные) с добавлением свойств самоорганизующихся систем (саморегулирующиеся, самообучающиеся, самонастраивающиеся и т.п.).

Представить систему в виде *хорошо организованной*, значит, определить элементы, взаимосвязи и цели. Проблемная ситуация может быть описана в виде выражения, связывающего цель со средствами, т.е. в виде критерия или показателя эффективности, критерия функционирования, целевой функции, которые могут быть представлены уравнением, формулой или системой уравнений. Большинство моделей в физике и технике относятся к классу хорошо организованных (Атом, как планетарная система из ядра и элементов; его уточнение: учёт протонов, нейтронов, мезонов и др.). Для сложных систем (например, АСУ, многокритериальные системы) описание в виде хорошо организованных систем часто практически нереализуемо.

В *плохо организованных* системах чаще всего выявляются статические закономерности, т.е. выделяют макропараметры. (Например, газ характеризуется поведением молекул, но на макроуровне можно рассматривать давление, относительную проницаемость и т.п.). По аналогии с диффузией газа плохо организованные системы иногда называют *диффузионными*.

Понятие *самоорганизующиеся* системы применяют к наименее изученным объектам и процессам. Они обладают признаками диффузионных (стохастичность) и способностью к адаптации. Задачи определения целей и выбора средств в таких системах обычно разделяются.

В типичных задачах оптимизации обычно не требуется высокая точность. Поэтому часто наряду с исходной моделью строят упрощенную и с помощью *быстрых* алгоритмов принимаются решения об основных параметрах (эскиз). Затем с помощью полной модели делается *проверка* и уточняющая коррекция решений. Процесс этот обычно циклический.

Вопросы для изучения

Определение системы. Виды систем и подходы к их изучению. Среда и система, выделение системы из среды. Связи и цели в системе. Понятие обратной связи как основы саморегулирования. Анализ целей и их отображение. Представление системы. Функционирование и развитие систем: состояние, равновесие, устойчивость, развитие. Классификация систем. Поведение и сложность как классификационные признаки. Научные и прикладные аспекты исследования закономерностей в системе. Исходная и упрощенная модель системы как средство эскизного проектирования, подготовки и обоснования решений.