

Системный анализ: понятия, определения

1. Сущность и понятие системы.
2. Классификация систем.
3. Характеристика систем.
4. Основные этапы проведения системного анализа.

Место СА в научном исследовании

Центральной концепцией теории систем, кибернетики, системного подхода, всей системологии является понятие «системы».

Цели, которые ставит перед собой человек, редко достижимы только за счет его собственных возможностей или внешних средств, имеющихся у него в данный момент. Такое стечение обстоятельств называется **«проблемной ситуацией»**.

Проблемность существующего положения осознается в несколько «стадий»: от смутного ощущения что «что-то не так»,

к осознанию потребности, затем к выявлению проблемы и, наконец, к формулировке цели.

Цель — это субъективный образ (абстрактная модель) несуществующего, но желаемого состояния среды, которое решило бы возникшую проблему.

Вся последующая деятельность, способствующая решению этой проблемы, направлена на достижение поставленной цели, т.е. как работа по созданию системы.

Другими словами: **система есть средство достижения**

Определения

1. Система – это обособленная часть, фрагмент мира, обладающий эмерджентностью и относительной самодостаточностью.

2. Система – это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом и образующих целостность или органическое единство.

3. Система – совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство.

система есть совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое.

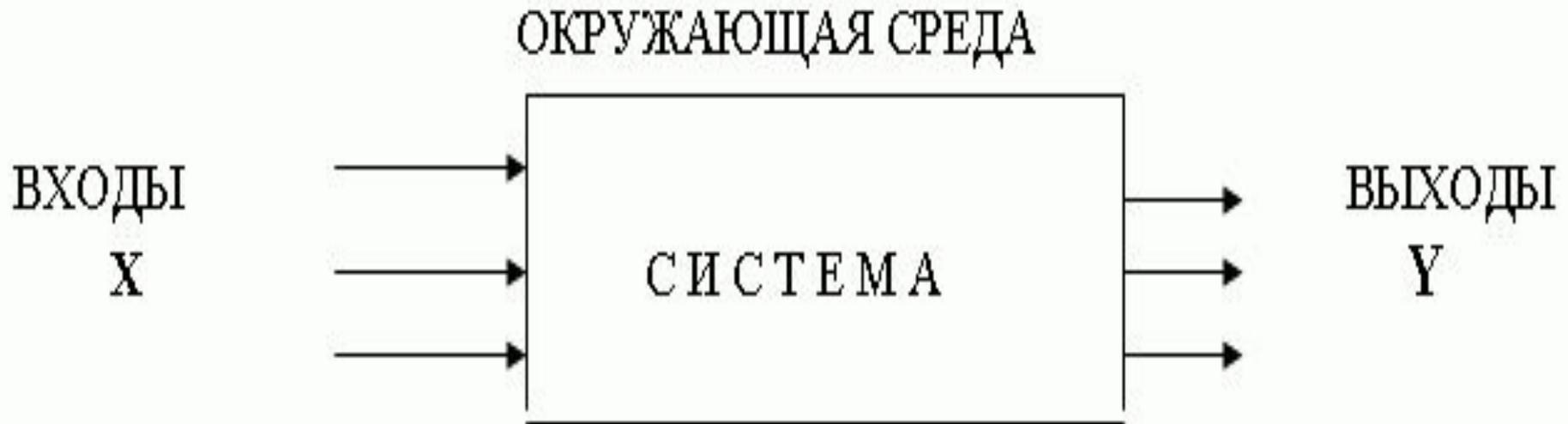
С учетом общепринятых утверждений о том, что система – всегда целое, а целое указывает на связанность частей, при системном рассмотрении объекта прежде всего определяют его состав и внутренние связи.

Как показывают многовековые наблюдения в системном объекте наряду с элементами имеют место более крупные составляющие – **подсистемы**.

Несколько упрощенных примеров систем, предназначенных для реализации определенных целей.

N	Цель	Система
1	В произвольный момент указать время	Часы
2	Обеспечить выпечку хлеба в заданном ассортименте для большого количества людей	Пекарня
3	Передать зрительную и звуковую информацию на большое расстояние практически мгновенно	Телевидение
4	Обеспечить перемещение людей в городе	Городской транспорт

Модель «черного ящика»



Модель «черного ящика»

Сравним первое определение системы и его визуальный эквивалент.

Во-первых, приведенное определение ничего не говорит о внутреннем устройстве системы.

Поэтому ее можно изобразить в виде непрозрачного «ящика», выделенного из окружающей среды.

Эта, максимально простая, модель по-своему отражает два следующих важных свойства системы: **целостность** и **обособленность** от среды.

Во-вторых, в определении системы косвенно говорится о том, что хотя «ящик» и обособлен, выделен из среды, но не является полностью от нее **изолированным**.

Модель «черного ящика»

Система связана со средой и с помощью этих связей воздействует на среду. Эти связи называются **выходами** системы.

Выходы системы в данной графической модели соответствуют слову «цель» в словесной модели системы (в первом определении).

Кроме того, система является средством, поэтому должны существовать и воздействия на нее, т.е. такие связи со средой, которые направлены извне в систему, которые называются **входами** системы.

Модель состава системы

Целостность и обособленность, отображенные в модели черного ящика, выступают как внешние свойства.

Внутренность же «ящика» оказывается неоднородной, что позволяет различать составные части самой системы.

При более детальном рассмотрении некоторые части системы могут быть, в свою очередь, разбиты на составные части и т.д.

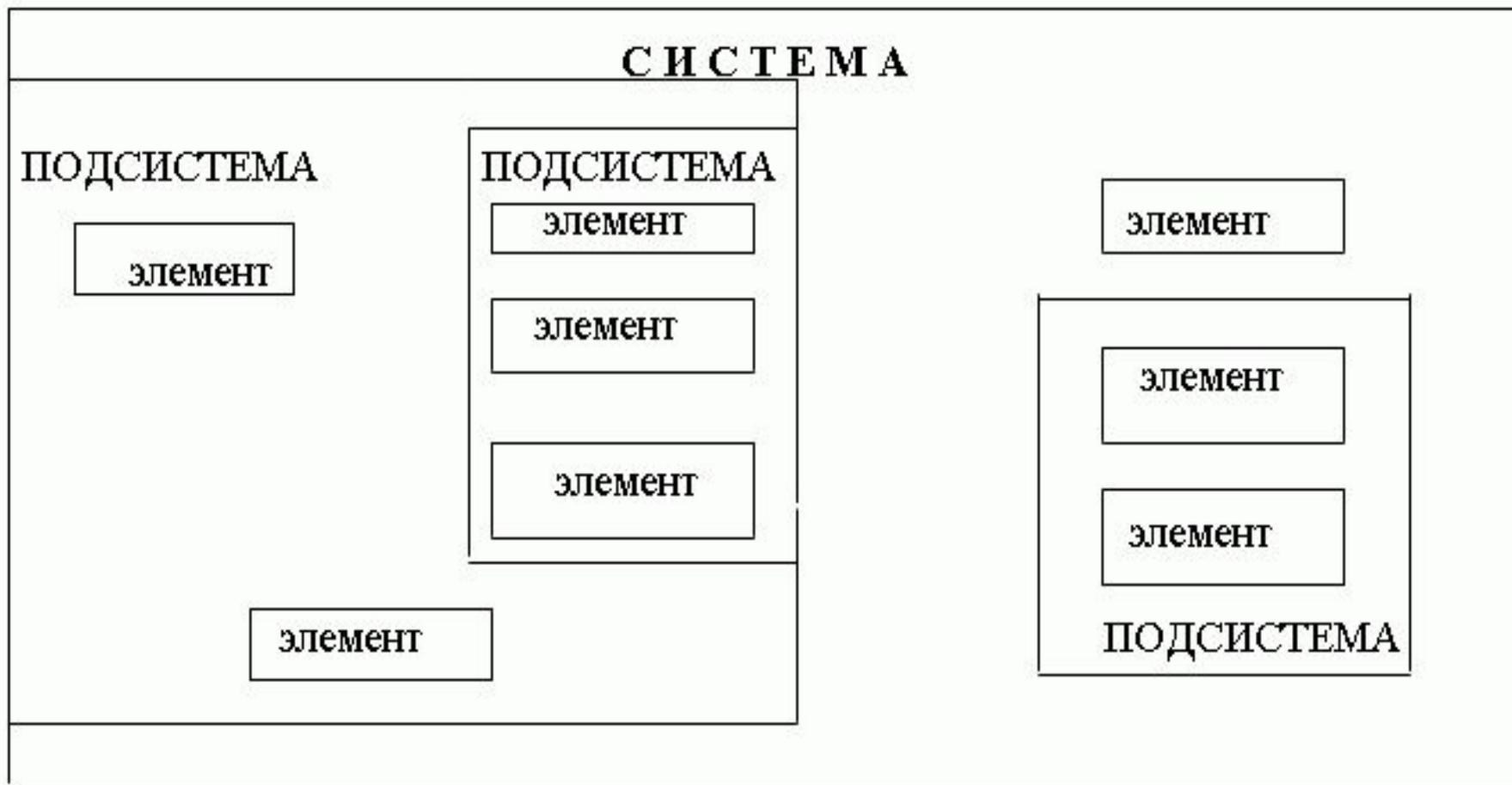
Те части системы, которые мы рассматриваем как неделимые, называются **элементами**.

Части системы, состоящие более чем из одного элемента, называют **подсистемами**.

При необходимости можно ввести обозначения или термины, указывающие на **иерархию** частей.

В результате получается **модель состава** системы, описывающая из каких подсистем и элементов она состоит

Модель состава системы



Пример модели состава системы

Система	Подсистема	Элементы
Система телевидения «Орбита»	Подсистема передачи	Центральная телестудия Антенно-передающий центр
	Канал связи	Среда распространения радиоволн Спутники ретрансляторы
	Приемная подсистема	Местные телецентры
		Телевизоры потребителей

Структура системы

Чтобы получить велосипед, недостаточно иметь отдельные его детали (хотя состав системы налицо). Необходимо еще правильно соединить все детали между собой или установить между элементами определенные **связи — отношения**.

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

Когда мы рассматриваем некую совокупность объектов как систему, то из всех отношений мы выбираем важные, т.е. **существенные для достижения цели**.

Т.о, в модель структуры (в список отношений) мы включаем только конечное число связей, которые **существенны** по отношению к рассматриваемой цели.

Например, при расчете механизмов не учитываются силы взаимного притяжения его деталей, хотя, согласно закону всемирного тяготения, такие силы объективно существуют. Зато вес деталей учитывается обязательно.

Второе определение системы.

Структурная схема системы

Можно сформулировать такое определение системы:

система есть совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое.

Очевидно, что представленные определения охватывают **модели:**

- «черного ящика»,
- состава и
- структуры.

Все вместе они образуют еще одну модель, которую называют **структурной схемой системы.**

В структурной схеме указываются все **элементы** системы, все **связи между элементами** внутри системы и **связи** определенных элементов

Модель «белый ящик»

Такую модель, называют структурной схемой системы, или **«белым ящиком»**.

В структурной схеме указываются все элементы системы, определенные на этих элементах структурные отношения и связи и отношения элементов с окружающей средой (входы и выходы системы).

Когда мы имеем дело с «белым ящиком», соответствие между входом и выходом можно описать тем или иным способом.

Какой именно способ выбрать – зависит от того, что известно и в какой форме можно использовать эти знания.

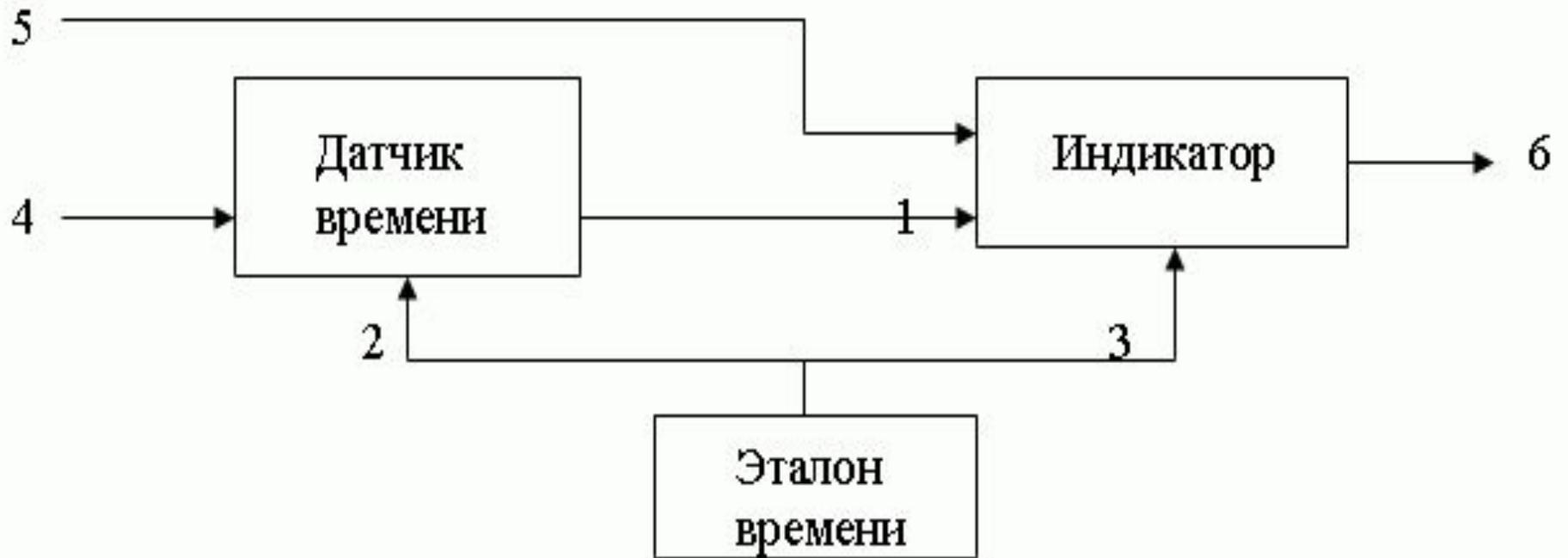
Структурная схема системы

Рассмотрим систему «синхронизируемые часы». Считаем, что в состав такой системы входят три элемента: датчик, индикатор и эталон времени

Структура часов определяется следующими отношениями между парами элементов:

Пара элементов	Связь между ними
Датчик и индикатор	Однозначное соответствие
Эталон и датчик	Приблизительное соответствие
Индикатор и эталон	Периодическое сравнение и устранение расхождения

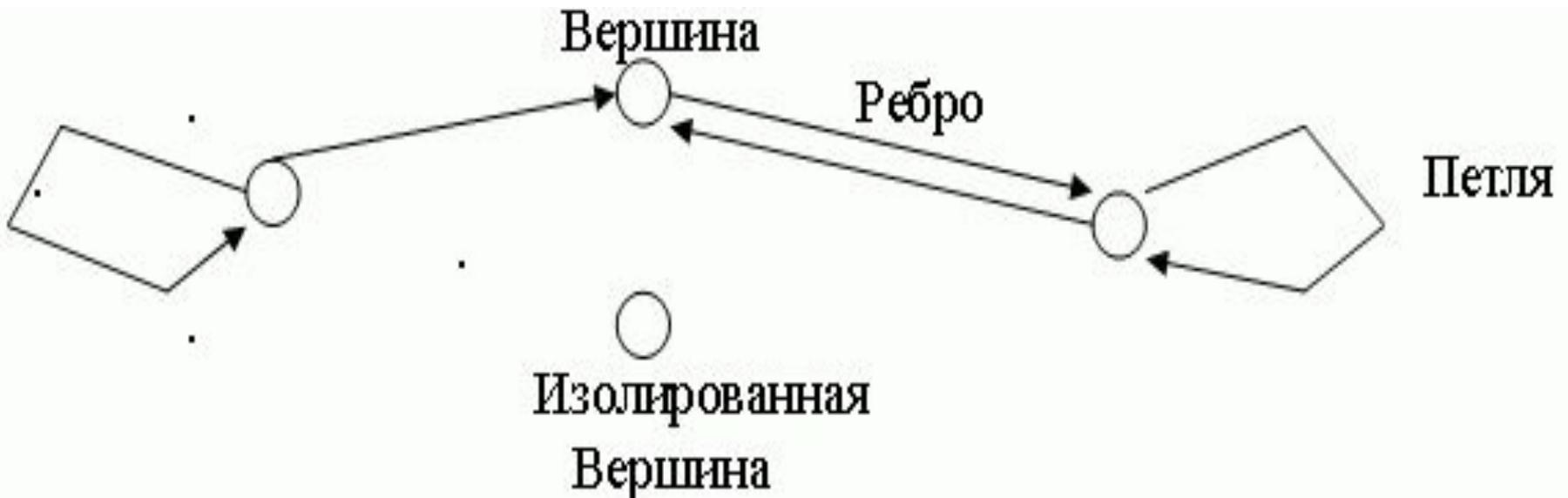
Структурная схема системы синхронизируемые часы



Все структурные схемы можно рассматривать как объекты математических исследований.

Если абстрагироваться от содержательной стороны структурных схем, то можно получить схему, в которой обозначается только наличие элементов и связей между ними. Такая схема называется графом.

Граф состоит из обозначений элементов произвольной природы, называемых вершинами, и обозначений связей между ними, называемых ребрами (либо дугами).



Структурная схема системы - граф

Если направления связей не обозначаются, то граф называется неориентированным, при наличии стрелок — ориентированным.

Пара вершин может быть соединена любым количеством ребер; вершина может быть соединена сама с собой (тогда ребро называется петлей).

Если в графе требуется отразить другие различия между элементами или связями, то либо приписывают ребрам различные веса (взвешенные графы),

либо раскрашивают вершины или ребра (раскрашенные графы).

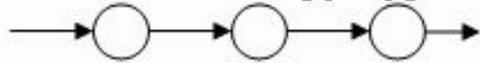
Для графов построена интересная и содержательная теория, имеющая многочисленные приложения.

Разнообразные задачи этой теории связаны с различными преобразованиями графов, а также с возможностью рассмотрения различных отношений на графах: весов, рангов, цветов, вероятностных характеристик (стохастические графы) и т.д.

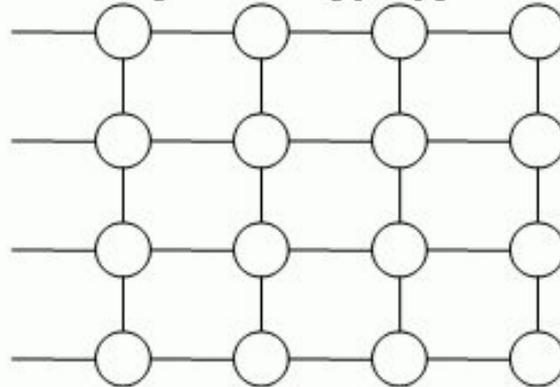
Поскольку множества вершин и ребер формально можно поменять местами, получается два разных представления

Графические модели структур.

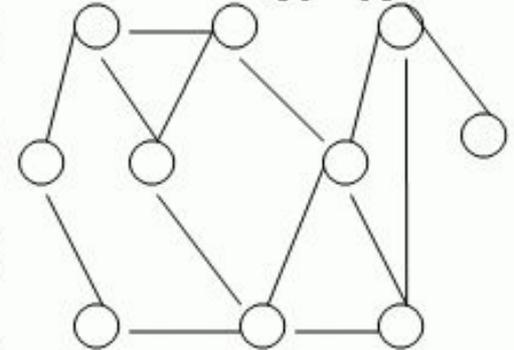
Линейная структура



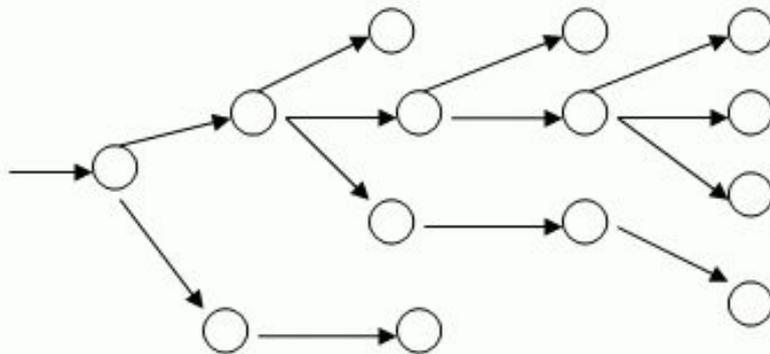
Матричная структура



Сетевые структуры



Древовидная структура



Статические и динамические модели систем

Следующий шаг в исследовании систем состоит в том, чтобы понять и описать, как система «работает», что происходит с ней самой и окружающей средой в ходе реализации поставленной цели.

Системы, в которых происходят какие бы то ни было изменения со временем называются **динамическими**, а модели, отображающие эти изменения, — **динамическими моделями систем**.

Для разных объектов и систем разработано большое количество динамических моделей, описывающих процессы с различной степенью детализации

Типы динамических моделей

Если даже считать $y(t)$ результатом некоторого преобразования Φ процесса $x(t)$, т.е.

$$y(t) = \Phi[x(t)],$$

то модель «черного ящика» предполагает, что это преобразование неизвестно.

В том случае, когда имеем модель «белого ящика» соотношение между входом и выходом должно быть описано.

Способ описания зависит от того, что нам известно и в какой форме можно использовать эти знания.

На практике наблюдая входы и выходы системы можно восстановить функцию $y = \Phi(x)$.

По существу это задача о переходе от модели «черного ящика» к модели «белого ящика» по наблюдениям входов и выходов при условии безинерционности системы.

Функционирование и развитие

Уже на этапе «черного ящика» различают два типа динамики системы: *функционирование и развитие*.

Под функционированием подразумевают процессы, которые происходят в системе, стабильно реализующей фиксированную цель. Функционируют, например, часы, городской транспорт, радиоприемник и т.д.

«*Развитием*» называют то, что происходит с системой при изменении ее целей.

Характерной чертой развития является тот факт, что существующая структура перестает соответствовать новой цели.

Для обеспечения новой функции приходится изменять структуру, а иногда и состав системы, т.е. перестраивать всю систему.

Возможны и такие системы, для функционирования которых какие-то ее подсистемы должны быть постоянно в развитии.

Алгоритм системного исследования

Системный анализ не может быть полностью формализован, но можно выбрать некоторый алгоритм его проведения.

Системный анализ может выполняться в следующей **последовательности**:

1. *Постановка проблемы* - отправной момент исследования. В исследовании сложной системы ему предшествует работа по структурированию проблемы.
2. *Расширение проблемы* до проблематики, т.е. нахождение системы проблем, существенно связанных с исследуемой проблемой, без учета которых она не может быть решена.

Алгоритм системного исследования

3. *Выявление целей*: цели указывают направление, в котором надо двигаться, чтобы поэтапно решить проблему.

4. *Формирование критериев*. Критерий - это количественное отражение степени достижения системой поставленных перед ней целей. Критерий - это правило выбора предпочтительного варианта решения из ряда альтернативных.

Критериев может быть несколько.

Многокритериальность является способом повышения адекватности описания цели.

Алгоритм системного исследования

5. *Агрегирование критериев.* Выявленные критерии могут быть объединены либо в группы, либо заменены обобщающим критерием.

6. *Генерирование альтернатив* и выбор с использованием критериев наилучшей из них. Формирование множества альтернатив является творческим этапом системного анализа.

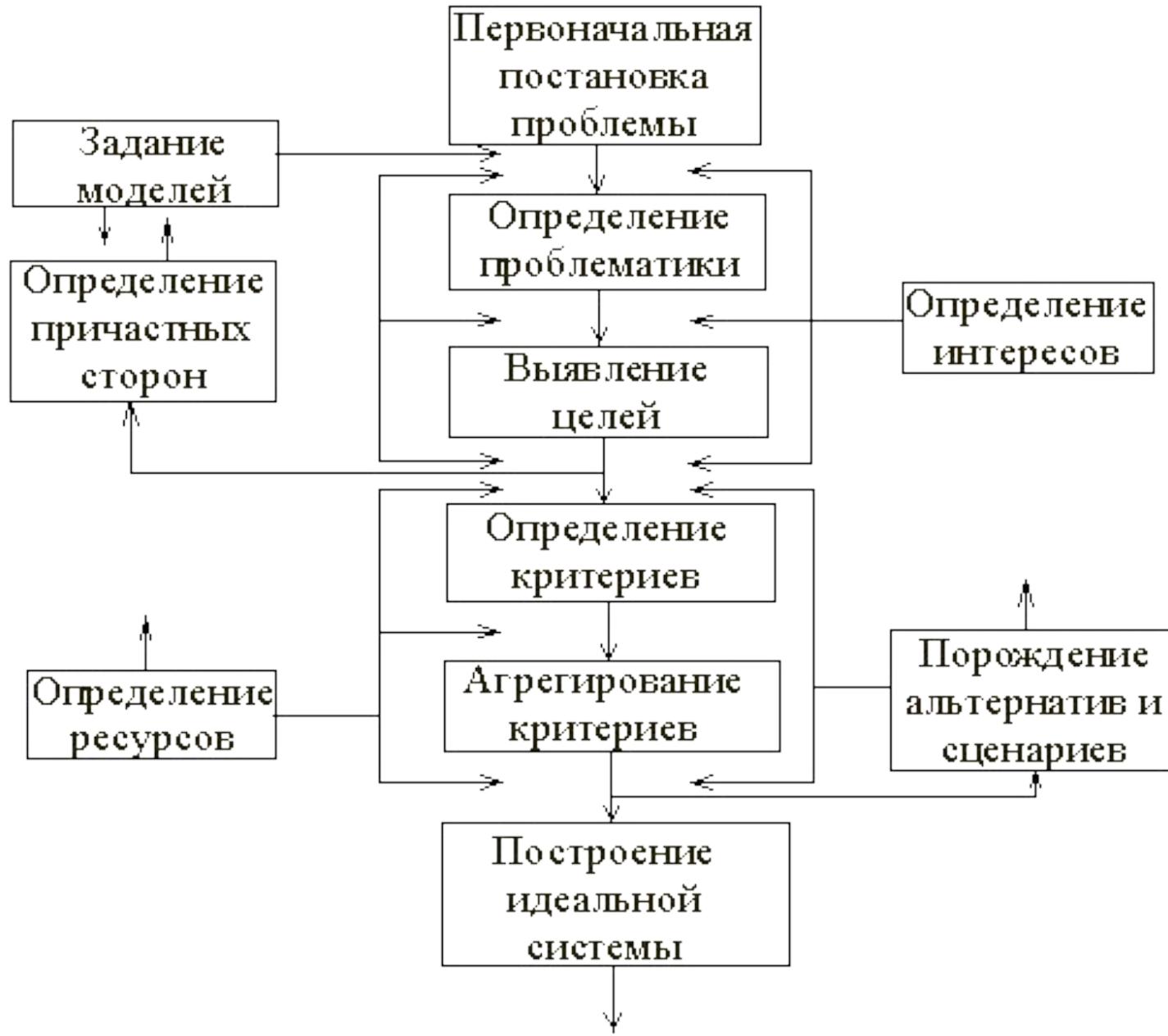
7. *Исследование ресурсных возможностей,* включая информационные ресурсы.

8. *Выбор формализации* (моделей и ограничений) для решения проблемы.

9. *Построение системы.*

10. *Использование результатов* проведенного системного исследования

Алгоритм СА



Итог

Оказывается, что при всем многообразии реальных систем принципиально различных типов моделей систем очень немного:

- модель типа «черный ящик»,
- модель состава,
- модель структуры,

а также их разумные сочетания и прежде всего объединения всех трех типов моделей, т.е. **структурная схема системы**.

Это относится как к статическим моделям, отображающим фиксированное состояние системы, так и к динамическим моделям, отображающим характер временных процессов, которые происходят с системой.

Итог

Все указанные типы моделей являются формальными, относящимися к любым системам и, следовательно, не относящимися ни к одной конкретной системе.

Чтобы получить модель заданной системы, нужно придать формальной модели конкретное содержание, т.е. решить, какие аспекты реальной системы включать как элементы модели, а какие — нет.

Этот процесс обычно неформализуем, поскольку признаки существенности не удается формализовать.

Столь же слабо формализованными являются признаки элементарности и разграничения между подсистемами.

Поэтому процесс построения содержательных моделей является процессом творческим.

Эксперту, разрабатывающему содержательную модель, помогают формальная модель и рекомендации по ее наполнению конкретным содержанием.

Итог

Понятие системы это способ найти простое в сложном в целях упрощения анализа.

Исследование объекта как системы предполагает использование ряда систем представлений (категорий) среди которых основными являются:

- структурное представление;
- функциональные представление;
- макроскопическое представление;
- микроскопическое представление;
- иерархическое представление;
- процессуальное представление.

Итог

В соответствии с методологией системного подхода система управления может быть рассмотрена в микроскопическом, макроскопическом, иерархическом, функциональном и процессуальном аспектах.

Если **макроскопическое** представление раскрывает взаимосвязь организации с внешней средой и дает возможность провести оценку эффективности системы управления в целом, то

микроскопическое представление позволяет выявить особенности взаимосвязи между объектом и субъектом управления.

Под **функциональным представлением** системы понимается совокупность действий (функций), которые необходимо выполнять для реализации целей функционирования системы.

Иерархическое представление основано на понятии «подсистема» и рассматривает всю систему как совокупность подсистем, связанных иерархически.

Процессуальное представление характеризует состояние системы во времени.

Итог

Следовательно, система управления как объект исследования обладает следующими признаками:

- состоит из множества (по крайней мере, двух) элементов, расположенных иерархически;
- элементы систем (подсистемы) взаимосвязаны посредством прямых и обратных связей;
- система – это единое и неразрывное целое, являющееся целостной системой для нижестоящих иерархических уровней;
- имеются фиксированные связи системы с

Критерии классификации систем (К заданию 1)

Основание (критерий классификации)	Класс систем
1. По взаимодействию с внешней средой	Открытые Закрытые Комбинированные
2. По структуре	Простые Сложные Большие
3. По характеру функций	Специализированные Многофункциональные Универсальные
4. По характеру развития	Стабильные Развивающиеся
5. По степени организованности	Хорошо организованные Плохо организованные (диффузные)
6. По сложности поведения	Автоматические, Решающие Самоорганизующиеся, Предвидящие Превращающиеся

Критерии классификации систем (К заданию 1)

Основание (критерий классификации)	Класс систем
7. По характеру связи между элементами	Детерминированные Стохастические
8. По характеру структуры управления	Централизованные Децентрализованные
9. По назначению	Производящие Управляющие Обслуживающие
10. По содержанию (происхождению)	Реальные (материальные), объективно существующие, и Абстрактные (концептуальные, идеальные).
11.	

Задание 1: Провести классификацию

СИСТЕМЫ

Признак	Класс системы	Обоснование

Характеристика организации как объекта управления

№№ п.п.	Параметр описания	Характеристика
1.	Название, местонахождения	Официальное наименование, адресные данные
2.	Назначение	Цели деятельности и виды продукции и услуг
3.	Отраслевая принадлежность	При многопрофильности выделяется главная отрасль
4.	Правовая форма и вид собственности	В соответствии с Гражданским кодексом и законами Российской Федерации
5.	Историческая справка	Основные этапы развития, определившие современное состояние организации
6.	Структура	Состав ее производственных и управляющих подразделений
7.	Структура управления	Тип, вид, сложность, управляемость

Характеристика организации как объекта управления

№№ п.п.	Параметр описания	Характеристика
8	Ресурсы	Основные виды, размеры
9.	Культура	Ценности, разделяемые членами
10.	Ключевые факторы внешней среды	Факторы прямого и косвенного воздействия, особое внимание – потребителям, конкурентам
11.	Руководство	Разделение власти и ответственности, стиль управления

Черты организации (фирмы) как системы

Черты	Характеристика
1. Компоненты	Система состоит из частей, называемых Элементами и подсистемами
2. Связи	Элементы (компоненты) связаны друг с другом
3. Структура	Форма связи между компонентами организационно зафиксирована в виде структуры
4. Взаимодействие	Компоненты системы влияют друг на друга и взаимодействуют с окружающей средой
5. Процесс	Взаимодействие образует процесс, результатом которого являются изменения
6. Холизм и эмерджентные свойства	Целостность (<i>holism</i> — англ., <i>holos</i> — греч. — целое), проявляющая свойства только в результате процессов взаимодействия ее компонентов
7. Идентификация	Свойства системы, на основе которых ее можно отличать от других систем
8. Окружение	Другие системы, образующие окружающую среду системы и оказывающие на нее влияние
9. Концепция	Система отражает взгляды, цели и ценности ее разработчиков