

1

Теория систем и системный анализ



Лекция 3

Лектор:

Очеткова Ольга Владимировна

д.т.н., профессор

Основные понятия теории систем. Свойства систем.

3.1. Основные понятия теории систем

3.2. Свойства систем

Основные понятия теории систем

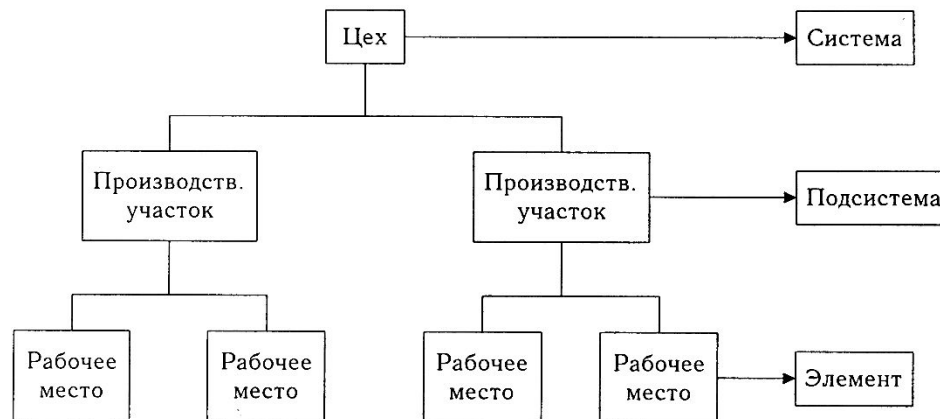
- **Состояние системы** – зафиксированная совокупность доступных системе ресурсов (материальных, энергетических, информационных, пространственных, временных, людских, организационных), определяющих ее отношение к ожидаемому результату или его образу.
- **Цель** - образ несуществующего, но желаемого, с точки зрения задачи или рассматриваемой проблемы, состояния среды, т.е. такого состояния, которое позволяет решать проблему при данных ресурсах.
- **Задача** - некоторое множество исходных посылок (входных данных к задаче), описание цели, определенной над множеством этих данных, и, может быть, описание возможных стратегий достижения этой цели или возможных промежуточных состояний исследуемого объекта
- **Описание системы** - это идентификация ее определяющих элементов и подсистем, их взаимосвязей, целей, функций и ресурсов, т.е. описание допустимых состояний системы.
- **Структура** - все то, что вносит порядок во множество объектов, т.е. совокупность связей и отношений между частями целого, необходимых для достижения цели.

Основные понятия теории систем

- **Подсистема** – часть системы с некоторыми связями и отношениями.
- **Элемент** – некоторый объект (материальный, энергетический, информационный), который обладает рядом важных для нас свойств, но внутреннее строение (содержание) которого безотносительно к цели рассмотрения.

Под элементом принято понимать **простейшую неделимую часть системы**.

Таким образом, **элемент** – это **предел деления системы** с точек зрения решения конкретной задачи и поставленной цели.



Систему можно расчленить на элементы различными способами в зависимости от формулировки цели и ее уточнения в процессе исследования.

Подсистема

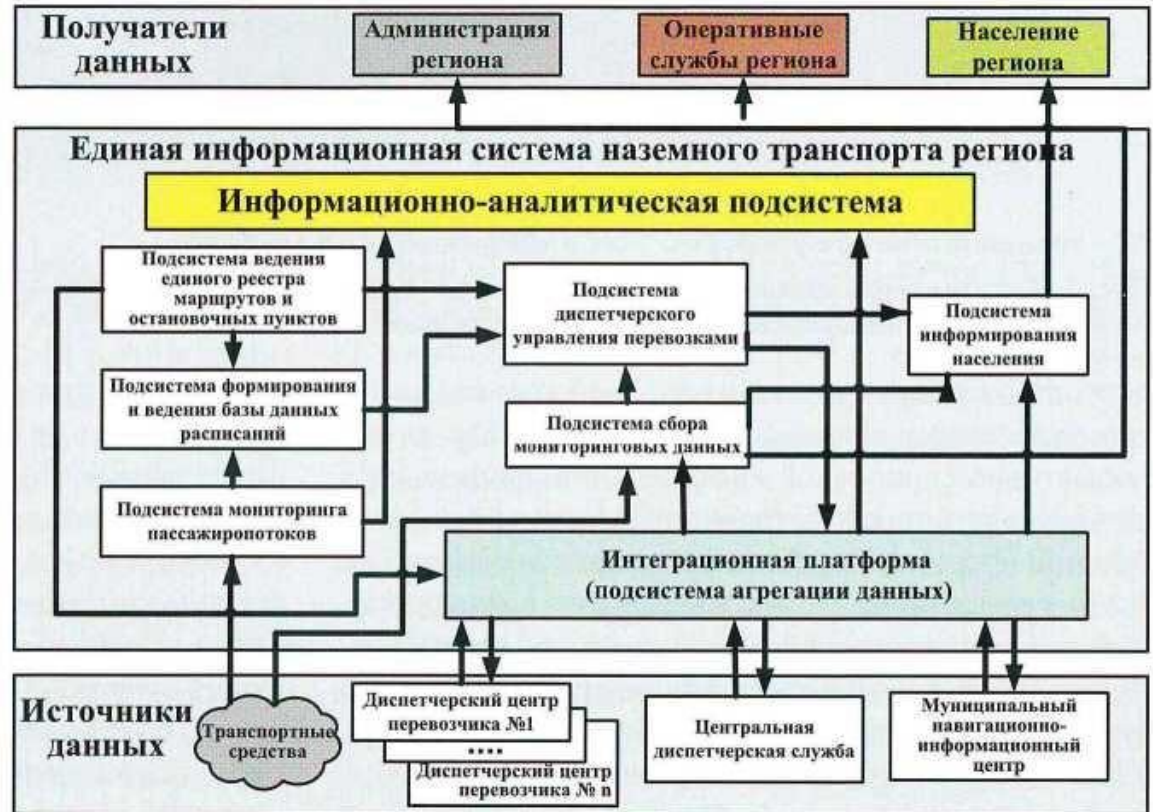
Система может быть разделена на элементы не сразу, а последовательным расчленением на подсистемы.

Это **компоненты более крупные, чем элементы**, и в то же время более детальные, чем система в целом.

Возможность деления системы на подсистемы связана с вычленением совокупностей взаимосвязанных элементов, способных **выполнять относительно независимые функции**, подцели, направленные на

PERИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ
Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Color-coded periodic table of elements by Mendeleev. The table is color-coded by groups: Group 1 (alkali metals) is pink, Group 2 (alkaline earth metals) is red, Groups 13-18 (main groups) are yellow, Groups 3-10 (transition metals) are blue, and Groups 11-12 (post-transition metals) are green. The lanthanides and actinides are shown at the bottom.



Подсистемы: щелочные металлы, г газы, кремниевая группа и т.д.

Компоненты

Названием «**подсистема**» подчеркивается, что такая часть должна обладать свойствами системы (в частности, свойством целостности).

Этим подсистема отличается от простой группы элементов, для которой не сформулирована подцель и **не выполняются свойства целостности**.

Для такой группы используется название «компоненты».

Например, подсистемы АСУ, подсистемы пассажирского транспорта крупного города (**автобусы, трамваи, троллейбусы, такси**).



СВЯЗЬ

Важна для целей рассмотрения обмен между элементами, веществом, энергией, информацией.

Понятие «**СВЯЗЬ**» входит в любое определение системы наряду с понятием «**ЭЛЕМЕНТ**» и обеспечивает возникновение и сохранение структуры и целостных свойств системы.

Это понятие характеризует одновременно и строение (статику), и функционирование (динамику) системы.

Связь характеризуется

направлением

силой

характером (или видом).

направленные

и ненаправленные

подчинения

сильные и слабые

связи

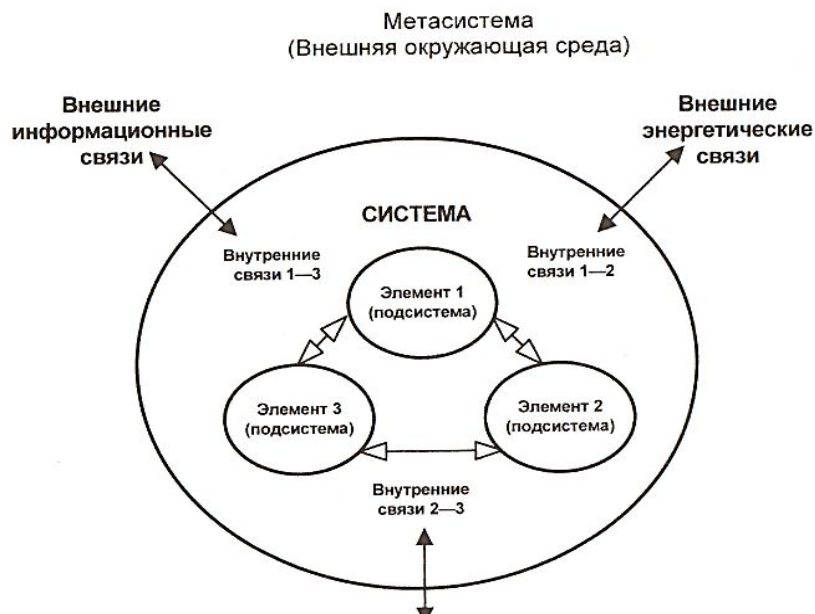
генетические
равноправные

Связи можно разделить также по месту приложения: (внутренние и внешние, по направленности процессов в системе в целом или в отдельных ее подсистемах (**прямые** и **обратные**)).

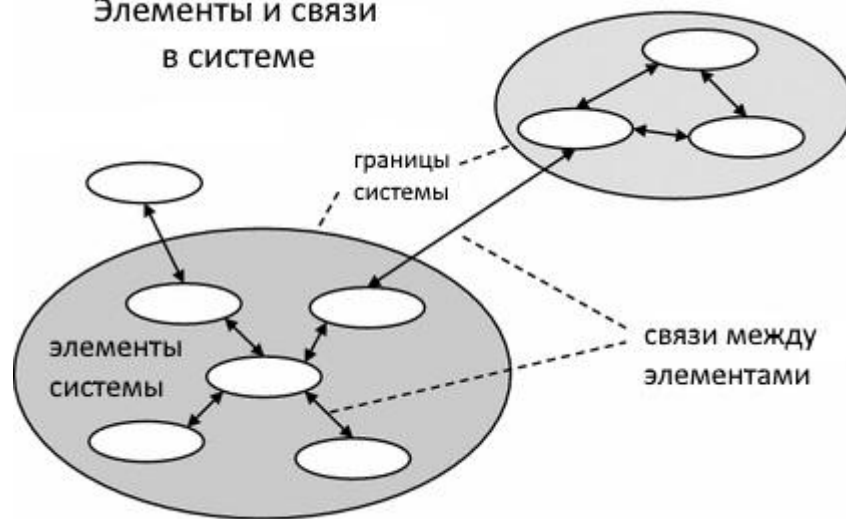
Связи в конкретных системах могут быть одновременно охарактеризованы несколькими из названных признаков.

Важную роль в системах играет понятие «**обратной связи**». Исследованию этого понятия большое внимание уделяется в кибернетике, в которой изучается возможность перенесения механизмов обратной связи, характерных для объектов одной физической природы, на объекты другой природы. **Обратная связь** является

Связи в системе



Элементы и связи в системе



СУЩЕСТВУЮЩАЯ СХЕМА ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



Вид связи	Изображение
Ненаправленная непрерывная	
Направленная непрерывная	
Прерывистая, дискретная	
Двусторонняя	
Равноправные	
Неравноправные	

Характеристики типов связи в системе

Признак	Типы связей
Направление действия	Прямая и обратная
Направление передаваемого воздействия	Положительная и отрицательная
Отношение к системе	Внутренняя и внешняя
Отношение к детерминизму	Однозначная, вероятностная и корреляционная
Предмет связи	Материальный, информационный и пр
Уровень порядка	Первого (функционально необходимые), второго (дополнительные)
Изменчивость	Жесткая и гибкая
Расположение в пространстве	Вертикальная (субординационная, соподчинения), горизонтальная, диагональная.

3.2. Свойства систем

Статические свойства систем



1. **Целостность** Обособленность системы от остального мира, ее внутреннее единство
- «целое больше суммы частей»
 - системе присущи свойства, не наблюдающиеся у её элементов [Модель «черного ящика»](#)

2. Различимость частей

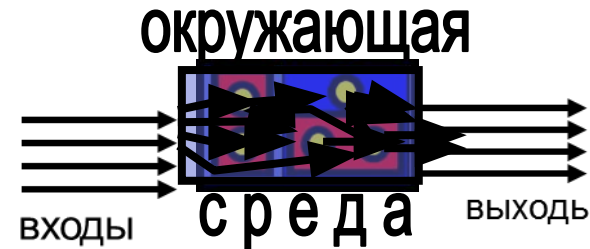
частей

Система состоит из частей, подсистем, элементов. Возможна декомпозиция системы на компоненты. Можно представить моделью состава



3. Связность

Части системы взаимосвязаны. Можно представить моделью структуры



Статические свойства систем

3. Связность/структура

- причины целостности системы (т. е. свойств системы, не присущих её элементам) кроются в **связях** между элементами
- между **всеми элементами системы** существуют связи
- связи **со средой** сравнительно редки
- ограничены множеством входных переменных
- системы, состоящие из одних и тех же элементов, но отличающихся связями, обладают разными свойствами
 - часы исправные vs часы неисправные
 - сетевая карта vs видеокарта
 - Windows vs Linux
- целенаправленное **взаимодействие** элементов системы определяется конкретной **структурой связей** между элементами системы

Свойства систем

4. Сложность

Сложная система состоит из элементов **разных типов** и обладает **разнородными связями** между ними.

- Пусть система содержит всего n элементов, принимающих одно из двух состояний – 0 и 1 ; тогда число её возможных состояний составит 2^n .
- Пусть, далее, эти элементы попарно связаны и связям тоже приписывается значение 0 и 1 .
- Число возможных состояний достигнет $2^{(n^2-n)} + 2^n$.

5. Целенаправленность — наличие у системы цели (целей) и приоритет целей системы перед целями её элементов.

6. Открытость Обмен ресурсами (связи) с окружающей средой



РЕСУРСЫ:



Материя



Энергия

- Информация

Свойства систем

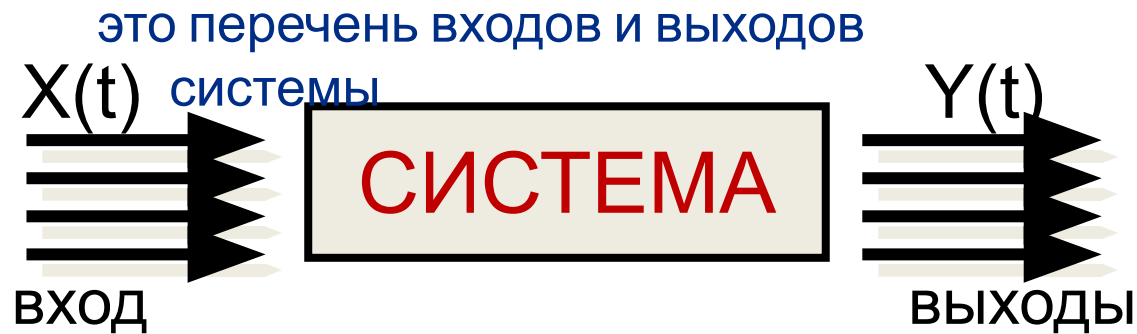
7. Организованность

- Организованность можно представить как сложность, упорядоченную структурой.
- Благодаря структуре элементам системы, как правило, может быть поставлена в соответствие целесообразная функция
 - Диод: в радиоприёмнике vs в выпрямителе электротока
 - Работник предприятия: доярка vs агроном
 - Двигатель комбайна vs двигатель передвижного компрессора

8. Разнообразие

- Свойство разнообразия подобно сложности, но учитывает существование закономерных связей между элементами системы, **ограничивающих** число возможных состояний при заданных условиях среды
 - Тем не менее, это число, как правило, *весьма велико*
- Следствие разнообразия – неопределённость состояния системы (*энтропия*)
 - Неопределённость является предпосылкой процессов *управления*.

Модель «черного ящика»



Трудности построения модели «черного ящика»

1. Число связей бесконечно
Перечень входов и выходов конечен

Включать «существенные» связи
3. Возможно наличие существенных связей, о существовании которых не известно

[Назад](#)

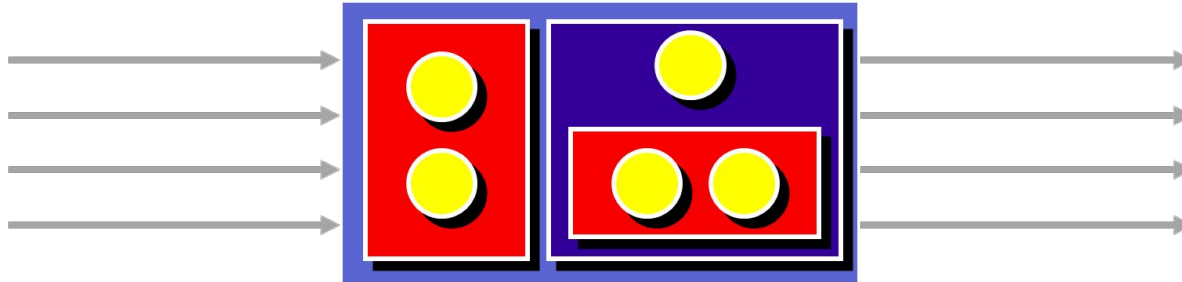
2. Не всегда очевидно, к чему отнести связь: ко входам или к выходам

4. Возможны ошибки
ПЕРВОГО РОДА:
включение несущественной связи (затраты на исследование)

ВТОРОГО РОДА:
невключение существенной связи (неверный результат исследований)

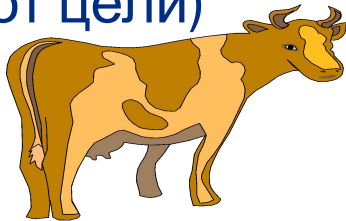
Модель состава

это иерархический список подсистем и элементов системы



Трудности построения модели состава

Целое можно делить на части по-разному (в зависимости от цели)



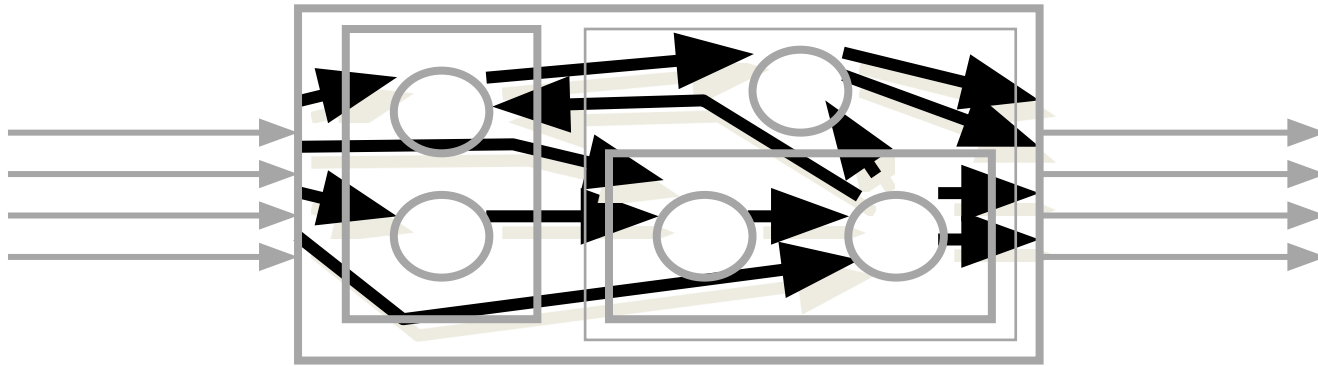
Прекращать деление можно на разных уровнях

Внешнюю границу подсистемы можно определить по-разному

[Назад](#)

Модель структуры $Y(t) = S(X(t), Z(t), t)$

- это совокупность связей между частями системы с указанием их особенностей (параметров $Z(t)$)



Трудности построения модели состава

1. Каждый элемент - «черный ящик»
(список входов и выходов)
* все сложности построения модели
2. Разные модели состава - разные модели структуры
* все сложности построения модели состава
3. Разные модели состава - разные модели структуры
* все сложности построения модели
4. Для одной модели состава можно строить разные модели

Динамические свойства систем

- **Функциональность**

Функционирование системы – это целенаправленное изменение свойств, характеристик и качеств системы в пространстве и времени в процессе выполнения ГПФ (главной полезной функции) системы

Пример 1. Функция стиральной машины: Фсм = удалять грязь из белья.

Пример 2. Функция магазина: Фм = обменивать товар на деньги.

Свойство систем изменять свое поведение под воздействием стимулов
- **Стимулируемость**

В любой системе происходят изменения, которые надо учитывать: предусматривать и закладывать в проект будущей системы; способствовать или противодействовать им, ускоряя или замедляя их при работе с существующей системой. Изменяться в системе может что угодно
- **Изменчивость со временем**

Если что-то вокруг системы меняется, то это имеет очень важное значение для самой системы внутри нее. Нужно определить, что является существенным для достижения нашей цели.
- **Существование в изменяющейся среде**

Вперед Синтетические свойства систем

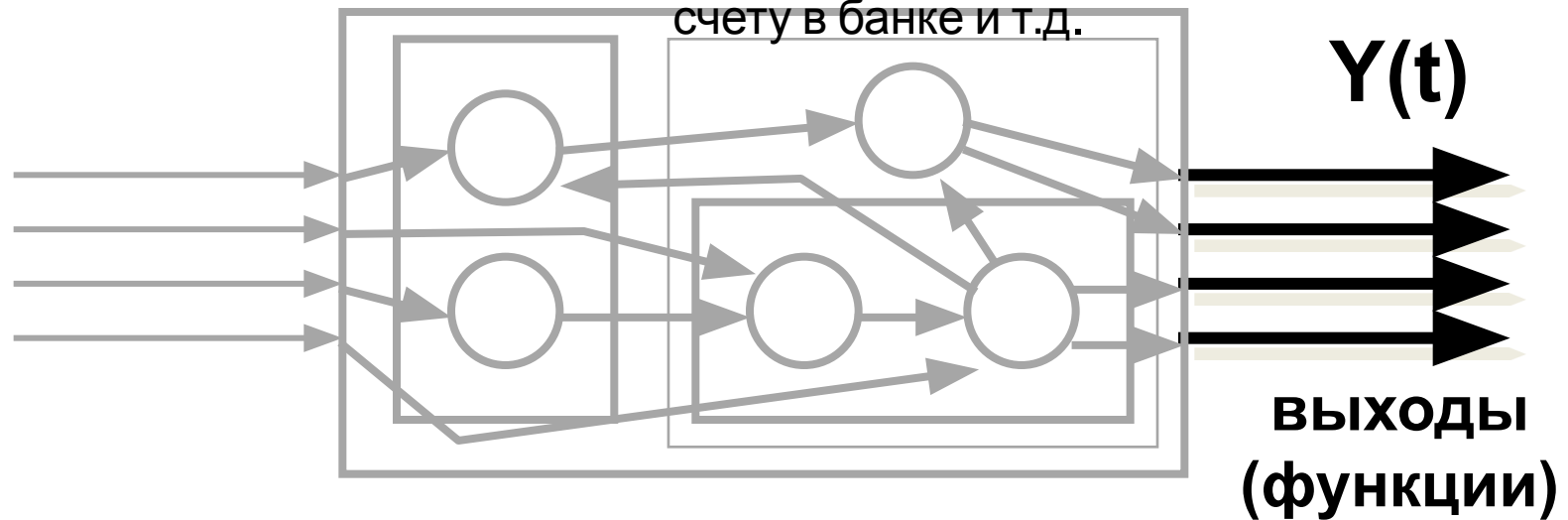
Функциональность

$$Y(t) = S(X(t), Z(t), t)$$

Функции системы - это:

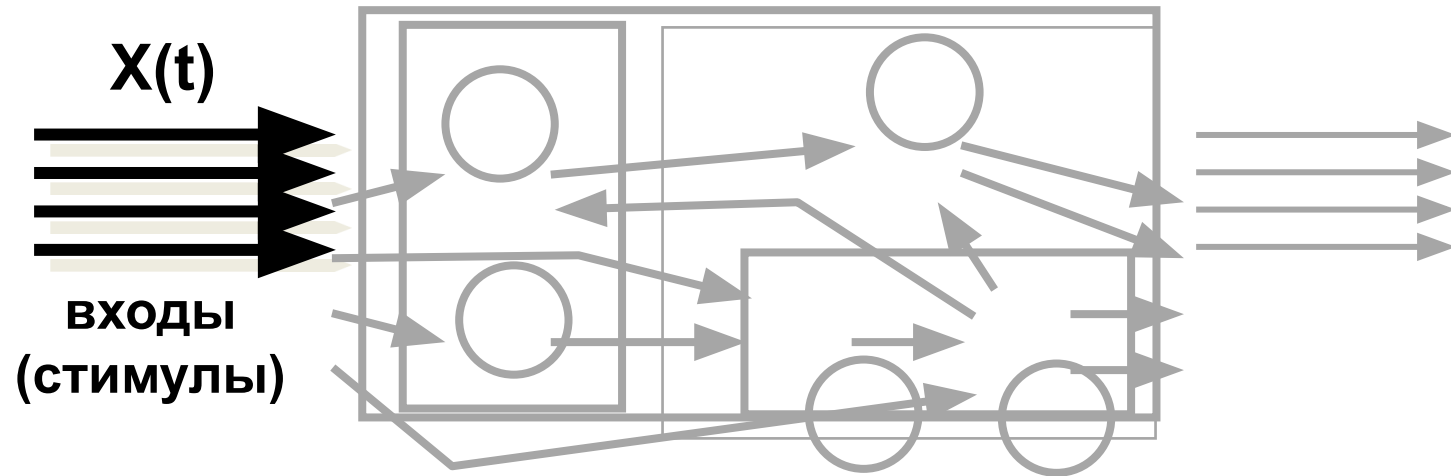
- ее поведение во внешней среде
- изменения, производимые системой
- в окружающей среде
- свойство систем изменять свое поведение под воздействием стимулов

Пример. Изменение загрязненности белья, воды в стиральной машине, количества товара в магазине, денег на счету в банке и т.д.



[Назад](#)

Стимулируемость $Y(t) = S(X(t), Z(t), t)$



Входы системы превращаются в выходы

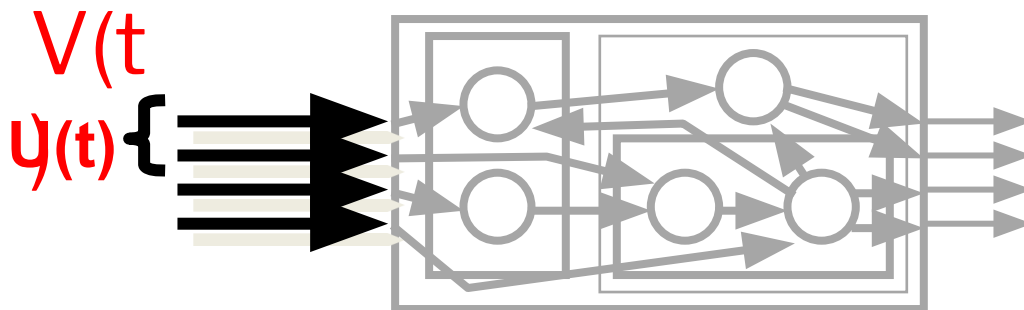
- Стимул - воздействие на систему

$$Y(t) = S(\mathbf{U}(t), \mathbf{V}(t), \mathbf{Z}(t), t)$$

Стимулируемость

ВХОДЫ:

- Управляемые $\mathbf{U}(t)$
- Неуправляемые $\mathbf{V}(t)$
 - Наблюдаемые
 - ненаблюдаемые
 - неизвестные
 - несущественные



[Назад](#)

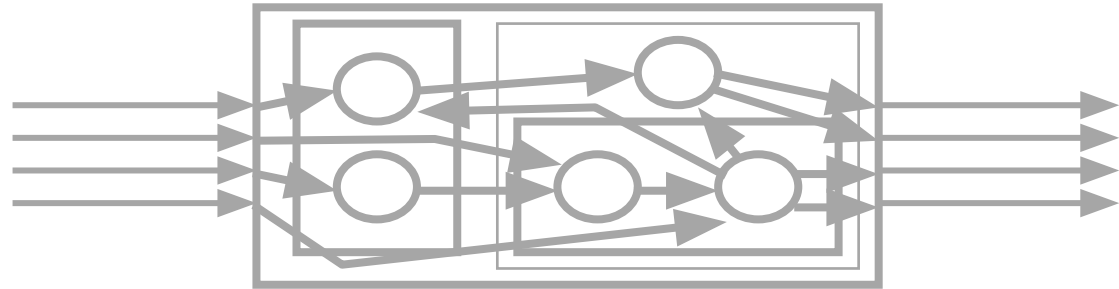
$$Y(t) = S(X(t), Z(t), t)$$



Изменчивость со временем

ИЗМЕНЯЮТСЯ:

- Параметры
- Состав
- Структура



Монотонные изменения

Признаки классификации:

- **Скорость изменений**
(быстро, медленно, ...)
- **Тенденции перемен**
(развитие, рост, функционирование, ...)
- **Этапы жизненного цикла**
(возникновение, ... , исчезновение)
- **Предсказуемость**
(детерминированные, случайные, ...)
- **Тип зависимости от времени**
(монотонные, периодические, ...)
- **Функционирование**
Система стабильно реализует свои цели
Изменения не затрагивают структуру
- **Рост (спад)**
Количественное увеличение состава
системы без изменения ее существенных свойств
- **Развитие (деградация)**
Позитивное изменение свойств системы
за счет изменения ее структуры

Назад

РАЗВИТИЕ - увеличение желаний и способности системы удовлетворять свои и чужие нужды и оправданные желания

Существование в изменяющейся среде

Типы реакций

- Стабилизация
Сохранение состояния,
сопротивление
- Адаптация
Приспособление
- Опережение
Упреждающие изменения,
подготовка

[Назад](#)

Синтетические свойства систем

• Эмерджентность

Качества, присущие только самой системе, но не присущие ни одной из ее частей, называются ЭМЕРДЖЕНТНЫМИ СВОЙСТВАМИ

- Всегда существуют
- Определяются структурой
- Являются причиной целостности
- Представляют переход количества в

качество
При изъятии части меняются свойства

- и СИСТЕМЫ (состав - структура - свойства)
 - и ЧАСТИ (среда - стимулы - функции)
- Различать не значит разделять!

• Неразделимость на части

• Ингерентность

Способность системы выполнять заданную функцию в определенной окружающей среде

- Степень ингерентности; Изменение со временем;
- По отношению к заданной функции
- Подчиненность устройства и работы системы некоторой цели

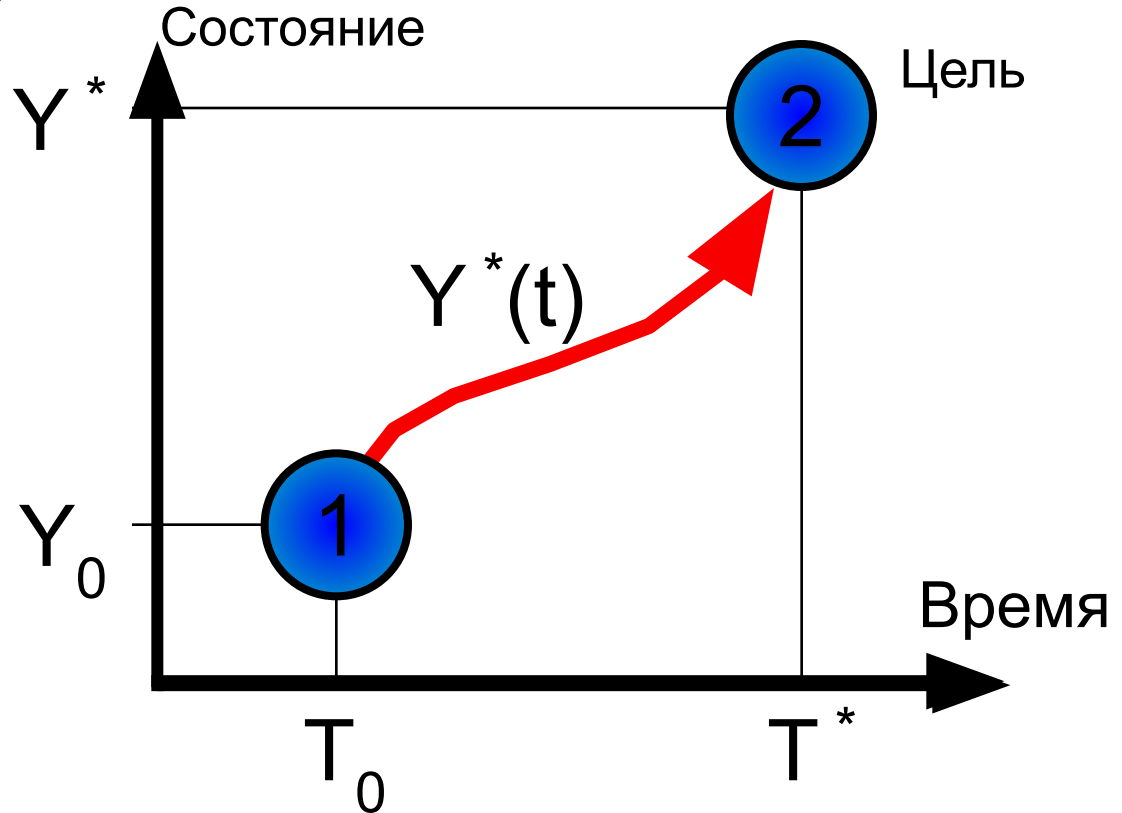
• Целесообразно

СТЬ

Целесообразность

- Для искусственных систем:
Цель - образ желаемого будущего состояния системы
СУБЪЕКТИВНАЯ ЦЕЛЬ
- Для естественных систем:
Цель - реальное, но будущее состояние системы **ОБЪЕКТИВНАЯ ЦЕЛЬ**

Цель - будущее
состояние системы



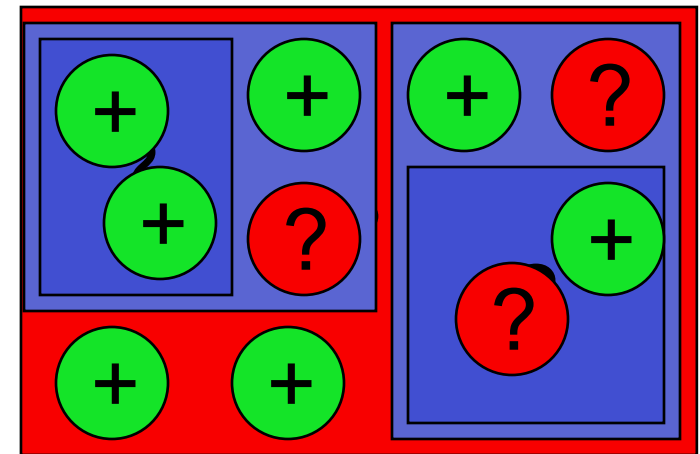


Анализ и синтез в познании систем

Функции системы:
Почему? Как?

Декомпозиция и Агрегирование Аналитический метод

Наша система



- Расчленить сложные части на более мелкие и более простые (элементы)
- Объяснить полученные элементы
- Объединить объяснение частей в объяснение целого

Особенности

- **анализа**
 - Опасность разорвать связи
 - Могут остаться необъясненные элементы
 - Отвечает на вопрос «КАК?», но не «ЗАЧЕМ?»
 - Не для всех функций систем

Синтетический метод

- Выделить состав метасистемы, в которую входит наша система
- Рассмотреть структуру метасистемы
- Объяснить роль, которую играет наша система в метасистеме

Особенности

синтеза

- Направлен на изучение функций и стимулов
- Невозможен без анализа метасистемы
- Отвечает на вопрос «ЗАЧЕМ?», но не «КАК?»
- Результат - модель черного ящика



Системное видение мира

- Теория систем является лишь шаблоном, отвечает на вопрос, какого рода закономерности следует искать в системах.
- Закономерности индивидуальны для каждой системы.
- Думай глобально, действуй локально!

**Предлагаю подвести итог
и повторить пройденное**



Что из перечисленного НЕ относится к общесистемным свойствам ?

- Делимость
- Функциональность
- Изолированность
- Идентифицируемость
 - Дискретность
 - Наличие связей
- Организованность
 - Структурность
 - Упорядоченность
 - Отображаемость
 - Иерархичность
- Эмерджентность и др.