

Теория Информационных Процессов и Систем

Тема №3: Методы и модели
описания систем

Часть 2. Количественные методы



План

- Количественные методы
 - Уровни описания систем
- Кибернетический подход
 - Взаимодействие системы элементов управления
 - Структурная схема системы управления
 - Процесс управления как информационный процесс
 - Этапы управления сложной системой



Уровни описания систем

Сложность реальных систем не позволяет строить для них абсолютно адекватные математически модели (ММ)

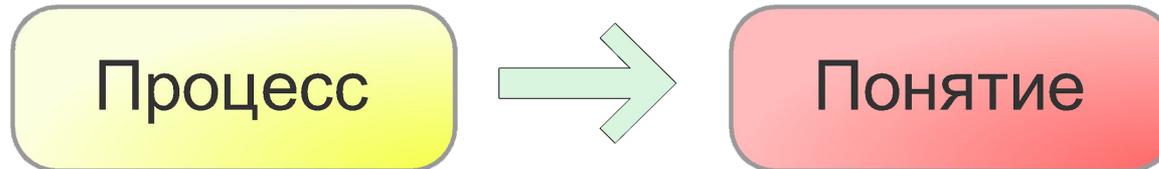
ММ описывает упрощенный процесс, в котором представлены лишь главные факторы

Каждый из уровней абстрагирования обладает присущими только ему возможностями

Лингвистический (символический)	ВЫСШЕ
Теоретико-множественный	
Абстрактно-алгебраический	
Топологический	
Логико-математический	НИЖШЕ
Теоретико-информационный	
Динамический	
Эвристический	

Лингвистический уровень

Формальное построение – сопоставление процессам понятий



Выявляются взаимоотношения между понятиями.

Понятия и правила оперирования с ними образуют **абстрактный язык**

Лингвистический уровень

Понятие о «высказывании» на данном языке означает, что имеется некоторое предложение (формула), построенная на правилах данного языка.

Формула содержит варьируемые переменные (конституэнты). При определенных их значениях высказывание делается истинным

Два типа высказываний:

1. «**Термы**» - объекты исследований
2. «**Функторы**» - отношения между термами

Теоретико-множественный уровень

Является частным случаем лингвистического уровня описания (уровень более низкого ранга)

Термы – некоторые множества, с помощью которых перечисляются элементы (подсистемы) изучаемых систем

Функторы – устанавливают характер отношений между введенными множествами

Возникает построение сложной системы на теоретико-множественном уровне абстракции.

Абстрактно-алгебраический уровень

Если связи между элементами рассматриваемых множеств устанавливают с помощью некоторые однозначных функций, отображающих элементы множеств в само исходное множество, то приходим к *абстрактно-логическому* уровню описания систем

Топологический уровень

Если на элементах рассматриваемых множеств определены некоторые топологические структуры, то приходим к топологическому уровню абстрактного описания систем.

При этом может использоваться язык общей топологии или ее ветвей.

Логико-математический уровень

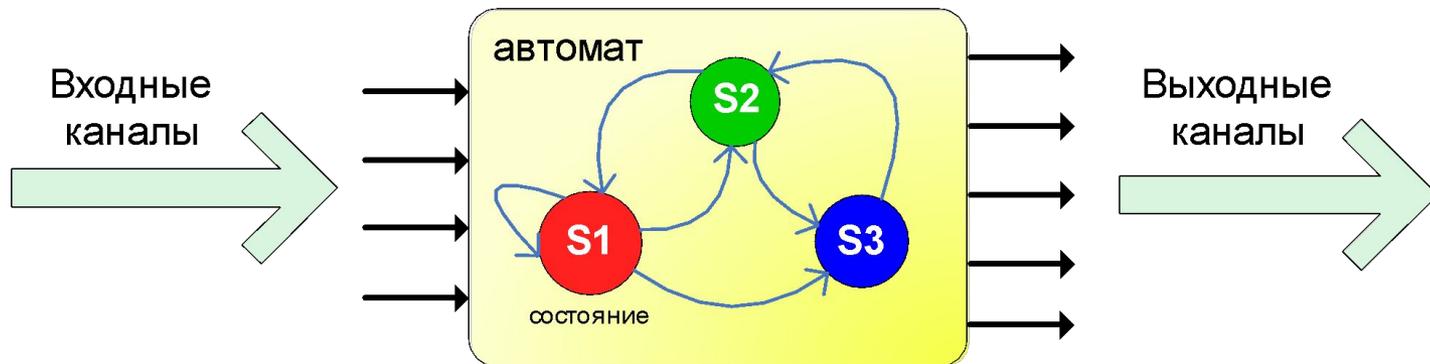
Применяется в формализации функционирования автоматов.

Автомат это:

1. Устройство, выполняющее некоторый процесс без непосредственного участия человека
2. Математическое понятие, мат. Модель реальных (технических автоматов)

Логико-математический уровень

Автомат – «черный ящик», имеющий конечное число входных и выходных каналов и некоторое множество внутренних состояний



Автомат функционирует во времени

При любом процессе управления или регулирования происходит переработка входной информации в выходную

Теоретико-информационный уровень

Информация выступает как свойство объектов или явлений порождать многообразие состояний, которые посредством отражения передаются от одного объекта к другому и запечатлеваются в его структуре

Отображение множеств состояний источника во множество состояний носителя информации называется способом кодирования, а образ состояний – кодом этого состояния

Динамический уровень

Система представляется в виде объекта, в который в определенные моменты времени можно вводить вещество/энергию/информацию, а в другие моменты времени – выводить.

Кроме того, для динамических систем вводится понятие «состояние системы», характеризующее ее внутренние свойства.

Эвристический уровень

Предусматривает поиски удовлетворительного решения задач управления в связи с наличием в сложной системе человека.

Эврика – догадка, основанная на опыте решения родственных задач.

Эвристика – прием, позволяющий сократить количество просматриваемых вариантов при поиске решения задачи.

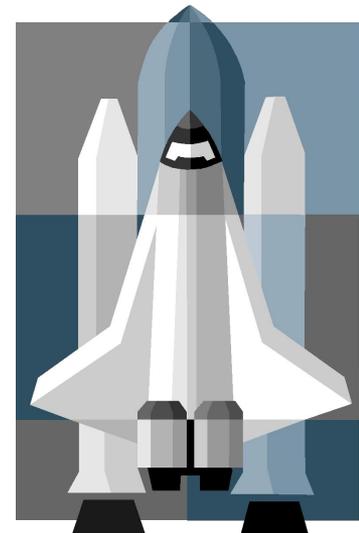


Кибернетический подход

Управление – любое целенаправленное поведение

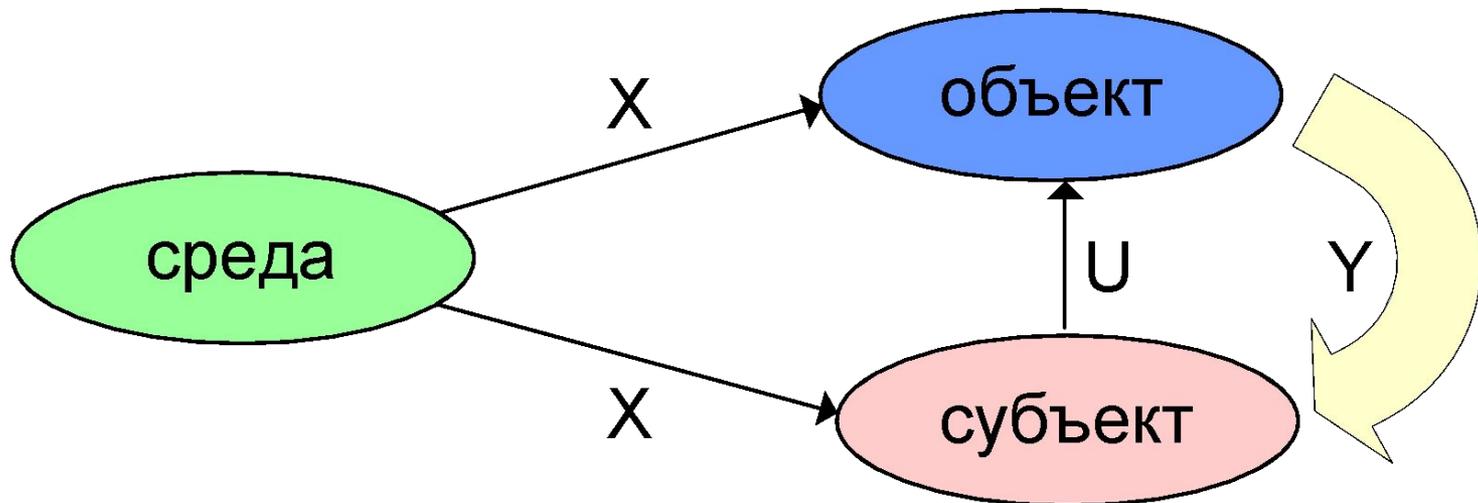
Управление – обобщение методов и приемов, накопленных разными науками об управлении искусственными объектами и живыми организмами

Управление – процесс организации такого целенаправленного воздействия на некоторую часть среды, (объект управления), в результате которого удовлетворяются потребности субъекта взаимодействующего с этим объектом



Кибернетический подход

- Субъект ощущает на себе воздействие среды X и объекта Y
- Состояние среды он изменить не может
- Состоянием объекта Y он может управлять с помощью специально организованного воздействия U (управление)



Кибернетический подход

Состояние объекта Y влияет на состояние потребностей субъекта:

$$A=(a_1 \dots a_k)$$

a_i – состояние i -той потребности

k – актуальность потребности

Субъект стремится минимизировать актуальность своих потребностей (*задача многокритериальной оптимизации*):

$$a_x(X, U) \min_{r \in R} (i = 1..k) \quad (1)$$

R – ресурсы объекта

(1 выражает неизвестную, но существенную связь с состоянием среды X и поведением U субъекта)

Кибернетический подход

Алгоритм управления - способ решение задачи (1):

$$U_x^* = \varphi(A_t X) \quad (2)$$

потребности объекта зависят не только от среды (X), но и от времени (t)

Алгоритм j имеет рекуррентный характер:

$$U_{N+1} = \varphi(U_N, A_+, X)$$

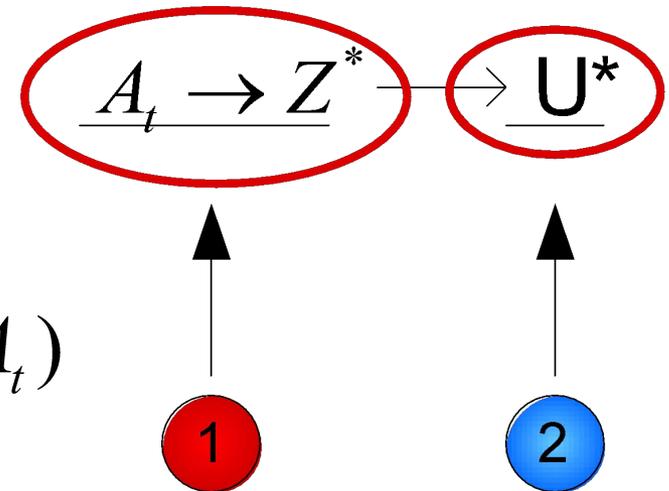
Т.е. управление на каждом шаге улучшается:

$$A_t(X, U_{N+1}) < A_t(X, U_N)$$

Кибернетический подход

Алгоритм управления можно искать в 2 этапа:

- Формулировка цели управления
- Синтез управления



На первом этапе задача решается на интуитивном уровне:

$$Z^* = \varphi_1(X, A_t)$$

Y_1 – алгоритм синтеза цели Z^* по потребностям A_t и состоянию среды X

Для синтеза управления можно использовать формальный аппарат:

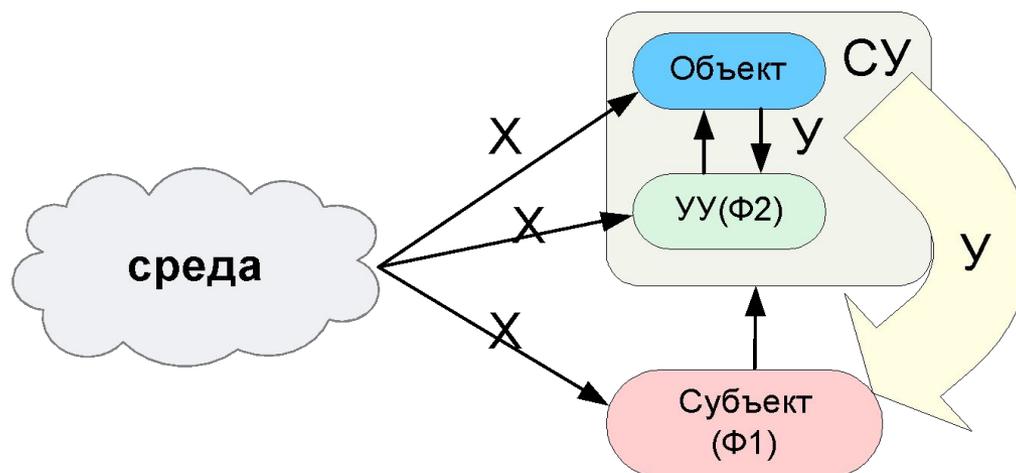
$$U_x^* = \varphi_2(Z^*, X)$$

Здесь Y_2 – алгоритм управления – предмет изучения кибернетики как науки

Взаимодействие системы элементов управления

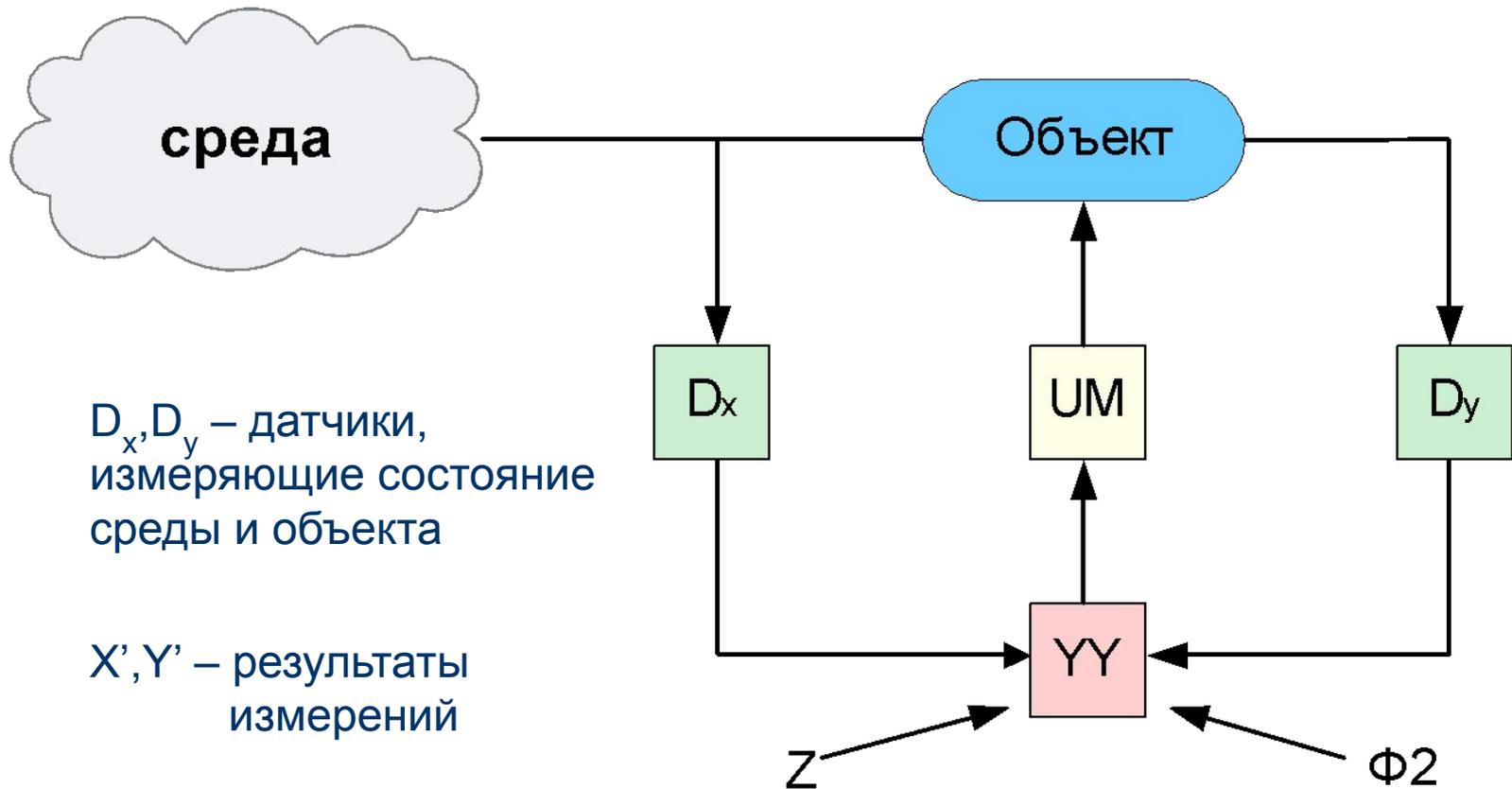
Разделение процесса управления на 2 этапа отражает известные стороны науки:

- Неформальный, интуитивный, экспертный
- Формальный, анализируемый.



Ф1 – функция субъекта
Ф2 – функция объекта
УУ – устройство управления
СУ – система управления

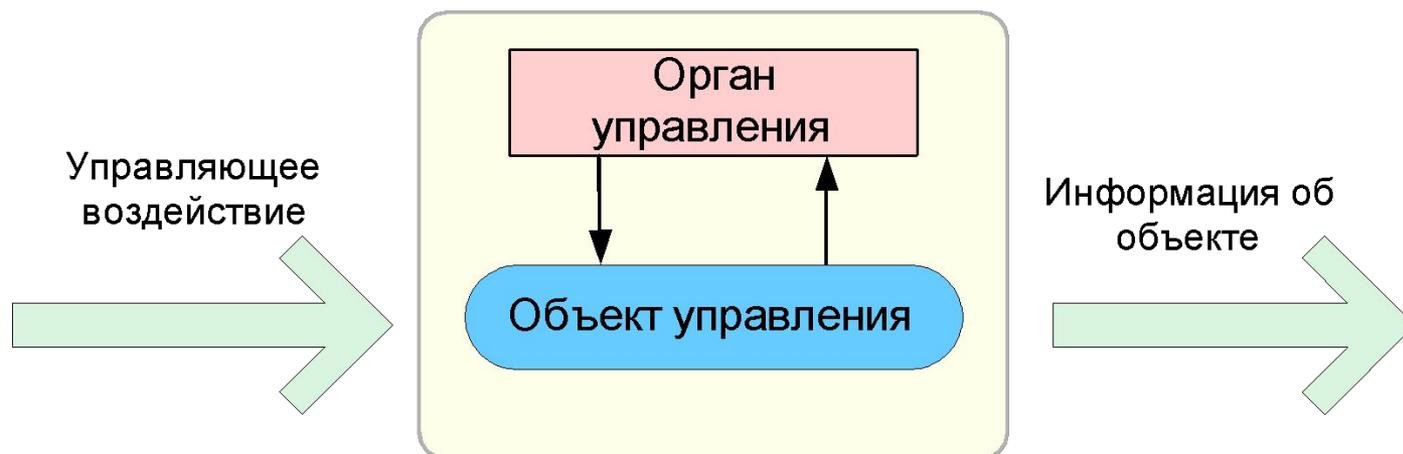
Структурная схема системы управления



Процесс управления как информационный процесс

Процесс управления включает:

- Передача ее в пункты переработки и хранения
- Анализ поступающей и справочной информации
- Выработка управляющего воздействия
- Сбор информации о ходе процесс
- Доведение его до объекта управления



Этапы управления сложной системой

1. Формирование целей

- **Стабилизация** – поддержка выходов объекта на заданном уровне
- **Ограничение** – нахождение целевых переменных Z^* в заданных границах
- **Экстремальная цель** – поддержание в экстремальном состоянии целевых переменных Z^*

Формирование
целей

Определение ОУ

Структурный
синтез

Идентификация
параметров

Планирование
эксперимента

Синтез
управления

Реализация
управления

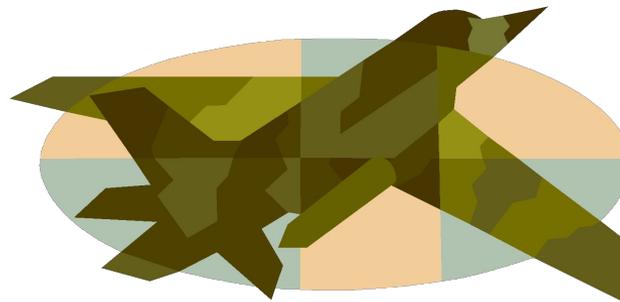
Адаптация

Этапы управления сложной системой

2. Определение объекта управления.

Выделение той части среды субъекта, состояние которой он может изменить, тем самым воздействуя на свои потребности.

Для автономных объектов (самолет, телефонная станция) задача решается просто.



Формирование целей

Определение ОУ

Структурный синтез

Идентификация параметров

Планирование эксперимента

Синтез управления

Реализация управления

Адаптация

Этапы управления сложной системой

3. Структурный синтез модели.

Синтез структуры – определение вида оператора F модели объекта с точностью до значений ее параметров (переменные C):

$$Y = F(X, U, C)$$

При синтезе структуры используются следующие подходы:

- Методы теории автоматического управления
- Методы имитационного моделирования (случайный поиск, статистические испытания)
- Семиотическое моделирование
- ...

Формирование целей

Определение ОУ

Структурный синтез

Идентификация параметров

Планирование эксперимента

Синтез управления

Реализация управления

Адаптация

Этапы управления сложной системой

4. Идентификация параметров модели объекта.

Определение числовых значений параметров С.
Используются стандартные идентификации.
Проводятся эксперименты с объектами

5. Планирование эксперимента

Синтез плана эксперимента, позволяющего с максимальной эффективностью определить исходные параметры модели объекта управления

Формирование целей

Определение ОУ

Структурный синтез

Идентификация параметров

Планирование эксперимента

Синтез управления

Реализация управления

Адаптация

Этапы управления сложной системой

6. Синтез управления

Принимается решение о том, каково должно быть управление U , чтобы достигнуть заданной цели Z^* - находится оптимальное значение U^*

Решение опирается на:

- Имеющуюся модель F
- Заданную цель Z^*
- Информацию о состоянии среды X
- Выделенный ресурс управления R

Если объект статический (F -функция) – задача мат. программирования

Если объект динамический – вариационная задача

Формирование целей

Определение ОУ

Структурный синтез

Идентификация параметров

Планирование эксперимента

Синтез управления

Реализация управления

Адаптация

Этапы управления сложной системой

7. Реализация управления.

Обработка в объекте оптимального решения U^*

8. Адаптация.

Коррекция может затрагивать различные этапы. Простейшая коррекция связана с подстройкой Параметров модели S (адаптация модели)

Формирование
целей

Определение ОУ

Структурный
синтез

Идентификация
параметров

Планирование
эксперимента

Синтез
управления

Реализация
управления

Адаптация