

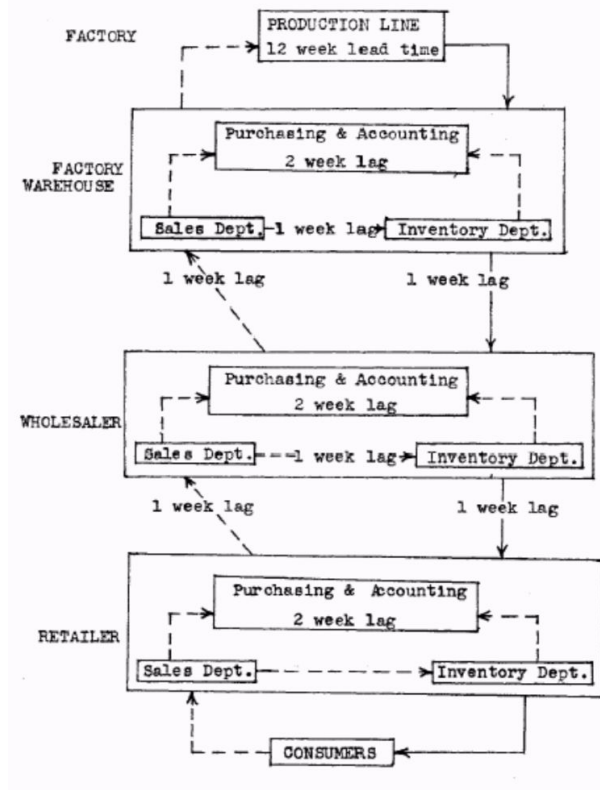
# Системный анализ

Лекции 2 и 3

# Уроки “Пивной игры”

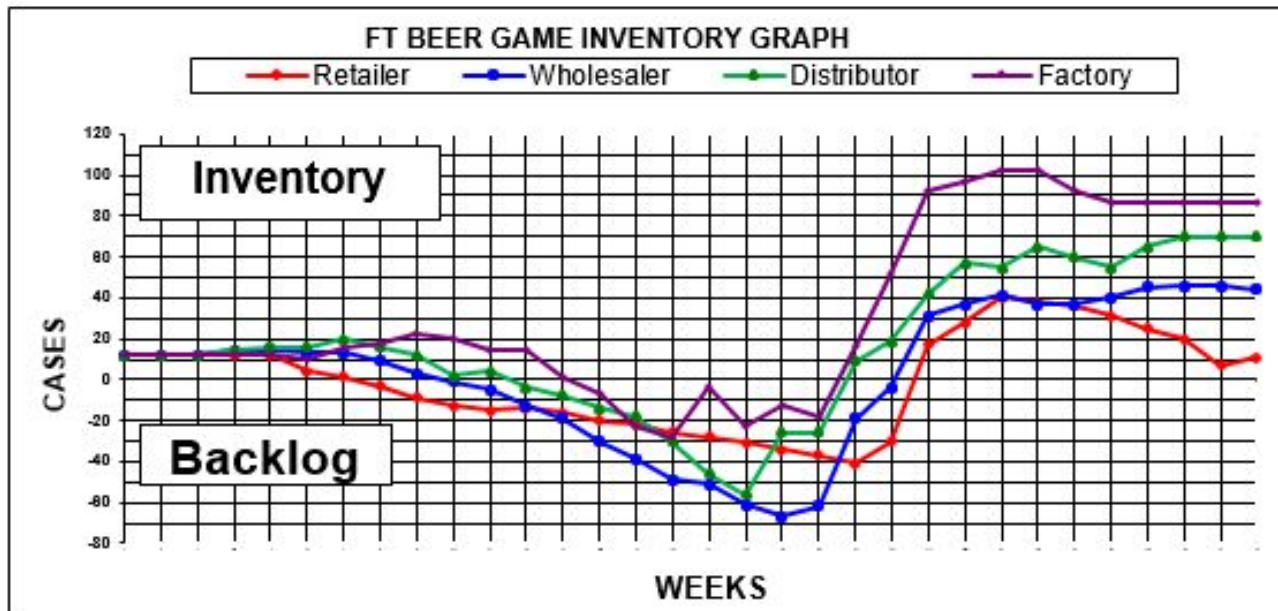
# Пивная игра

- Командная бизнес-игра, моделирующая цепочку поставок пива (завод > оптовик > розница > потребитель)
- Впервые описана в дипломной работе Малькольма Джонса (1957, MIT, научный руководитель Джей Форрестер)
- Известна как “Пивная игра” с 1958 года, выпускается в виде настольной игры с 1992 года
- Одно резкое увеличение внешнего спроса неизбежно приводит к созданию “эффекта кнута” и к дестабилизации в цепи поставок
- “Эффект кнута” состоит в том, что даже при небольших изменениях спроса, уровень колебания заказов в цепи имеет тенденцию существенно усиливаться



Одна из первых моделей игры, 1957 год

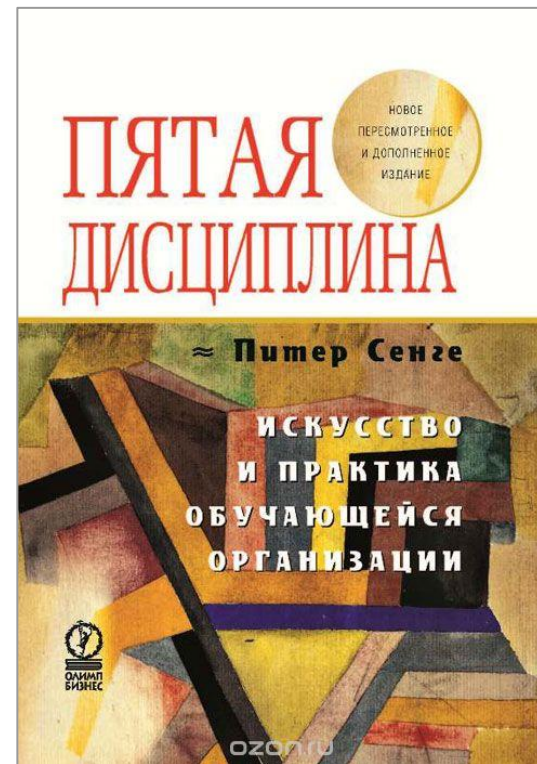
# Пивная игра



Типичный график участников команды отражает колебательное поведение (“эффект кнута”)

# Уроки пивной игры

- Причины “эффекта кнута”
  - Нехватка информации
  - Структура цепочки поставок (количество участников, задержки)
  - Локальная оптимизация (участники действуют в своих интересах, а не в интересах системы)
- Структура влияет на поведение
  - Схожие по структуре системы имеют схожее поведение
  - Элементы системы при этом оказывают значительно меньшее влияние (в пивной игре результаты не зависят от понимания экономики или уровня образования игроков)
- Чтобы изменить поведение, нужен новый способ мышления
  - Участники игры должны понять, что источником нестабильности являются они сами и связи между ними
  - Для улучшения результатов игры нужно изменить структуру системы (количество участников в цепочке, время задержки, снять ограничение в коммуникации)



Описание пивной игры и ее уроков вы найдете в книге Питера Сенге “Пятая дисциплина”

# Системные принципы

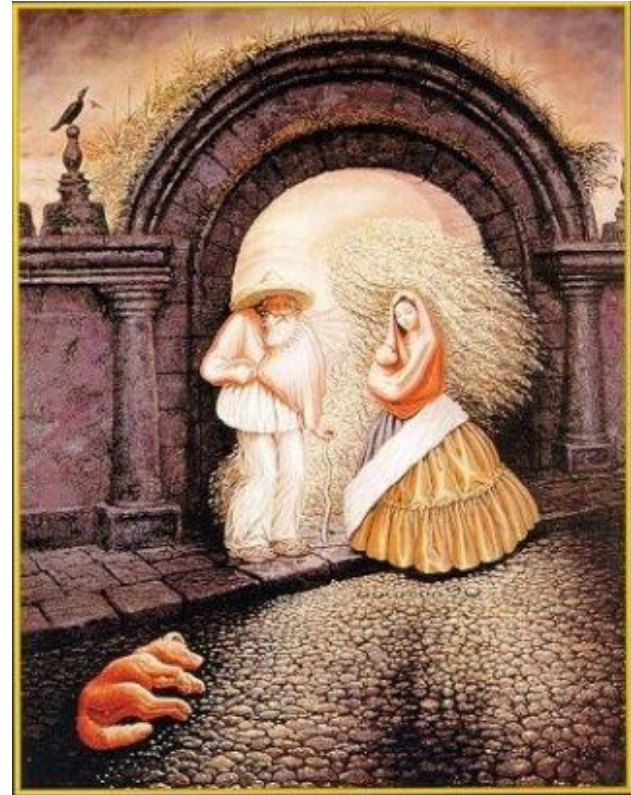
(некоторые)

# Целостность (Холизм)

Система должна рассматриваться как единое целое, а не по частям

Система проявляет эмерджентные свойства, которых нет у ее частей

Разделение на части, удаление из рассмотрения частей приводит к другой системе



Гештальт-картина

# Отграниченность

У системы есть граница, отделяющая ее от внешнего мира

Системные компоненты взаимодействуют внутри границ, но при этом возможен обмен с внешним миром

При проектировании разграничивание будущей системы является первым шагом



Граница между резервацией индейцев и городом в американском штате Аризона



# Ингерентность

Система должна быть согласованной со своей внешней средой

В естественных системах ингерентность повышается путем естественного отбора:

- Изменение
- Отбор
- Сохранение

В искусственных системах ингерентность должна просчитываться архитектором



Новый Macbook Pro напрямую не совместим с iPhone 7

# Модульность и инкапсуляция

Несвязанные части системы должны быть разъединены, а связанные, наоборот, сгруппированы

Внутренние части и их взаимодействие должны быть спрятаны от внешней среды



С другой стороны новый Macbook Pro совместим с любым USB-C устройством

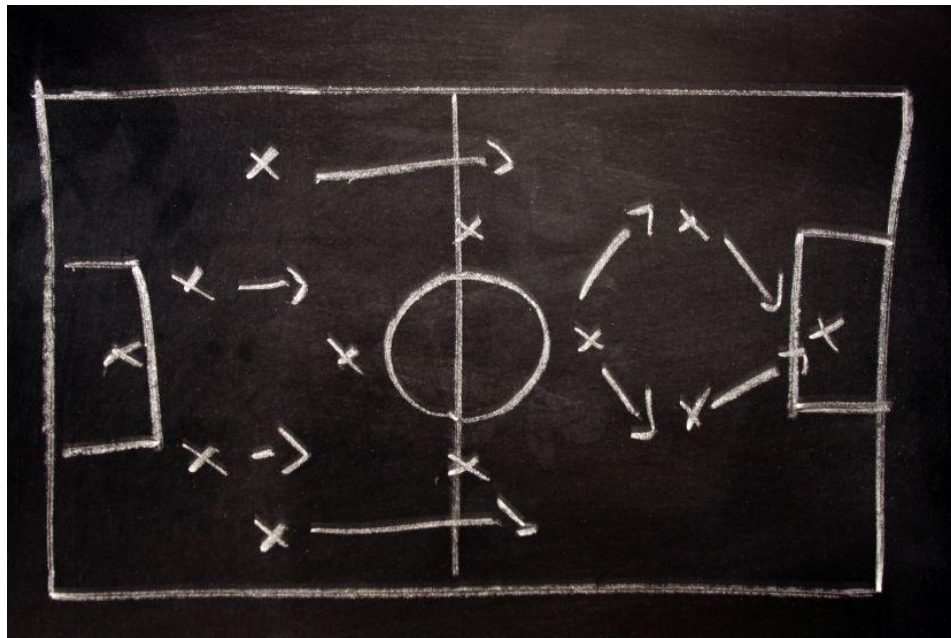
# Анализ и синтез

Свойства, возможности и поведение систем происходят из:

- Ее частей
- Взаимодействия между ее частями
- Взаимодействия с другими системами

Построение системы заключается в:

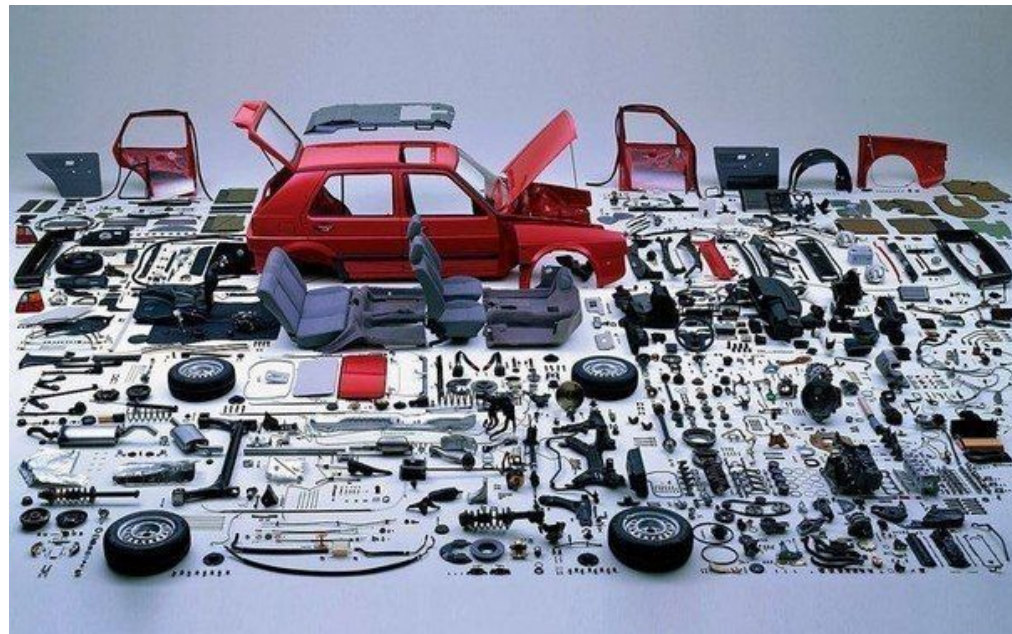
- Подборе нужных частей (элементов)
- Соединении их
- Управлении их взаимодействием так, чтобы возникала целостность



В спорте “порядок” бьет сопоставимый “класс”

# Анализ (греч. ΑΝΑΛΥΣΙΣ – разложение)

1. Разбираем объект на части
2. Исследуем каждую часть в отдельности
3. Пытаемся понять, как работает объект целиком



# СИНТЕЗ (греч. ΣΥΝΘΕΣΙΣ – помещение вместе)

1. Идентификация целого, частью которого является исследуемый предмет
2. Объяснение поведения целого
3. Объяснение поведения или свойств предмета по его роли/функции в целом



# Пример: университет

## Анализ

- Ректорат
- Факультеты
- Кафедры
- Преподаватели
- Учебные планы
- Студенты
- Материальная база

# Пример: университет

## Анализ

- составные части:
  - ректорат
  - факультеты
    - кафедры
  - преподаватели
  - студенты
  - материальная база
  - учебные планы

## Синтез

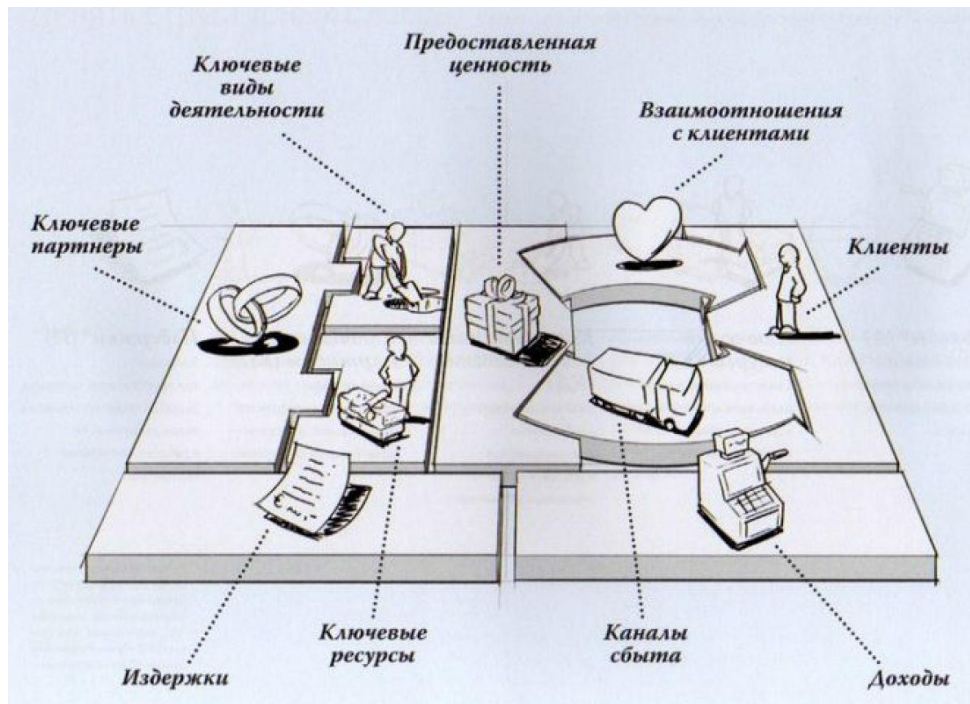
- поиск надсистемы:
  - университет
  - система образования
  - общество
- цели и функции:
  - “производство” человеческого капитала
  - набор профессий
  - создание и распространение культуры

# Аспекты

Для понимания сложной системы нужно рассмотреть несколько аспектов

Одним из таких аспектов является влияние ситуации на всю систему в целом

Выбор аспектов и их восприятие субъективны и зависят от целей наблюдателя



Различные аспекты организации



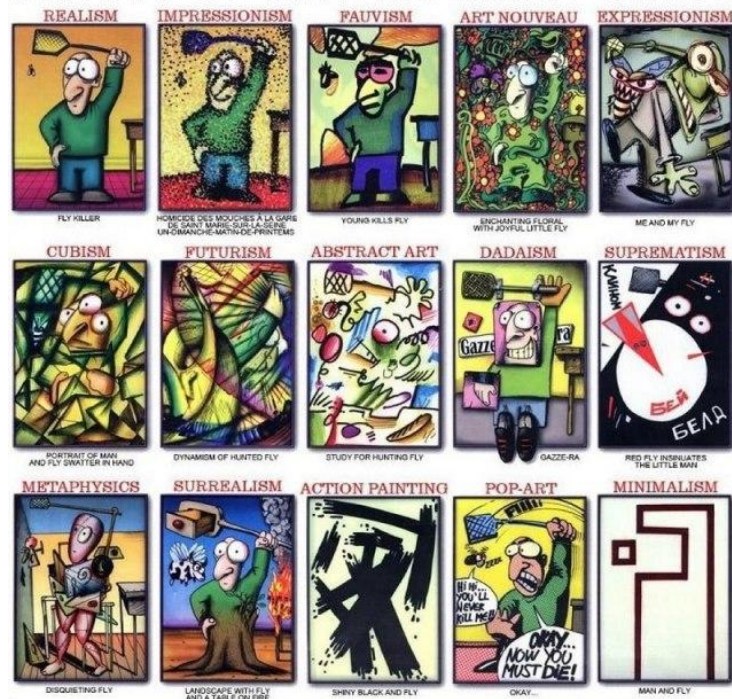
# Входы и выходы

Наличие входов (стимулов)

Наличие выходов (функций)

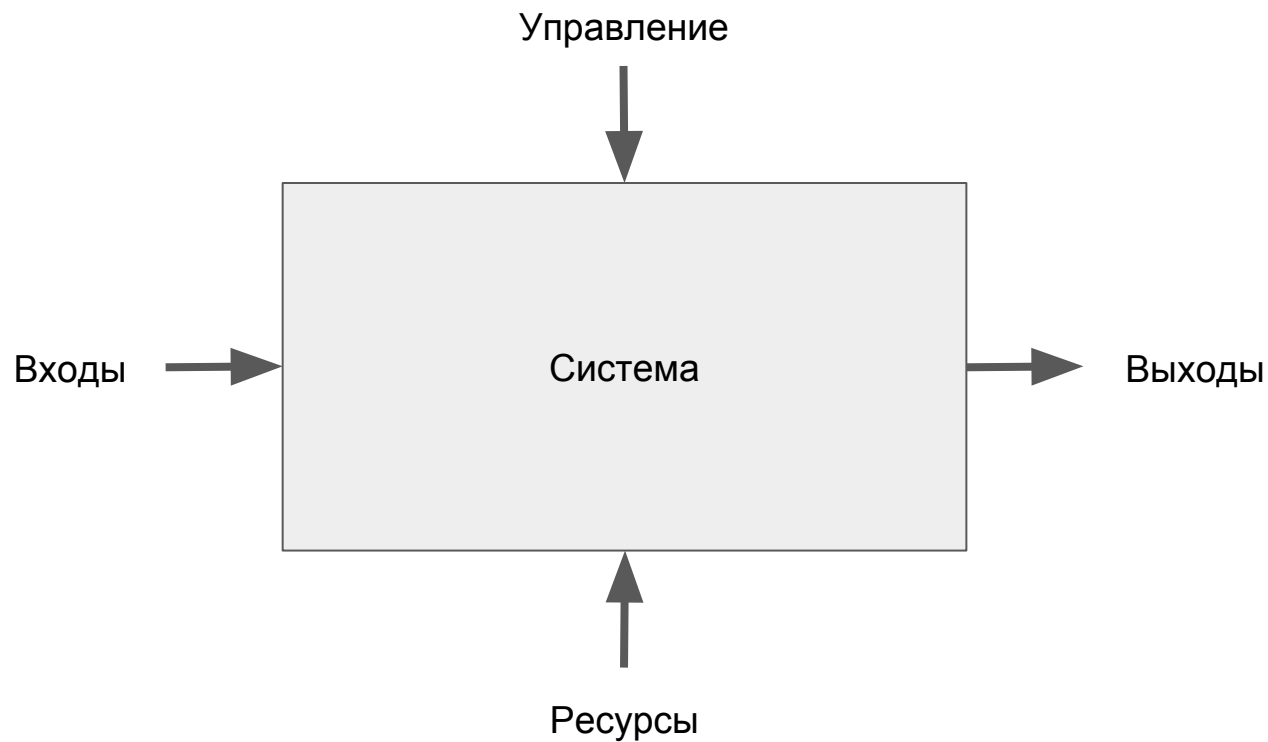
В открытых системах одно и то же состояние может быть достигнуто из различных начальных состояний и различными способами (эквивифинальность)

## HISTORY OF ART: THE AVANT-GARDE

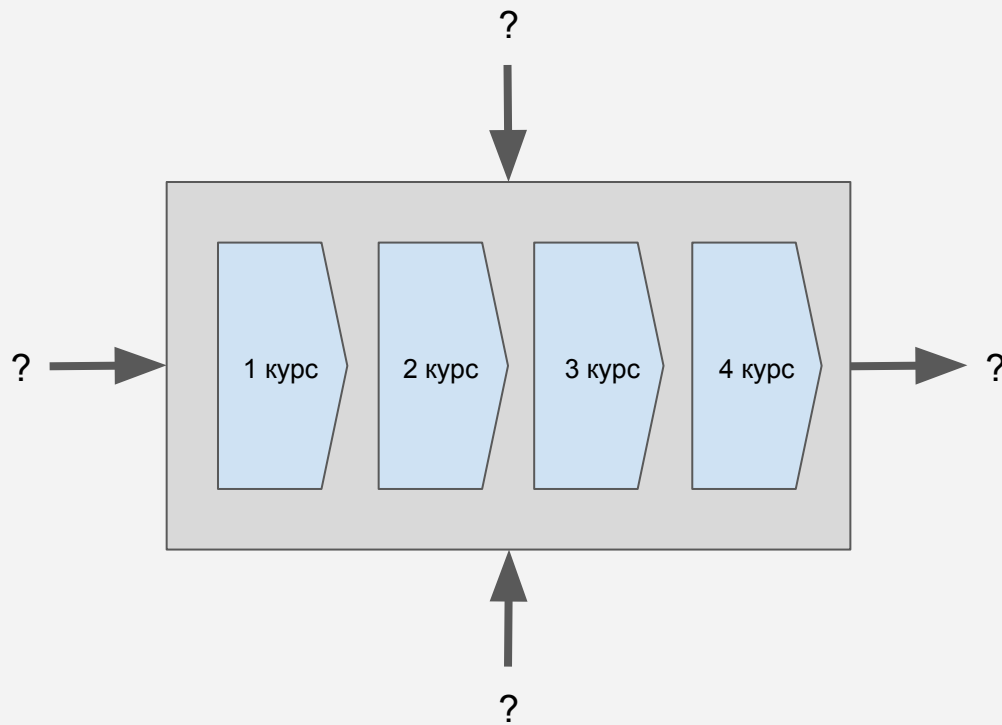


Различные течения авангардизма

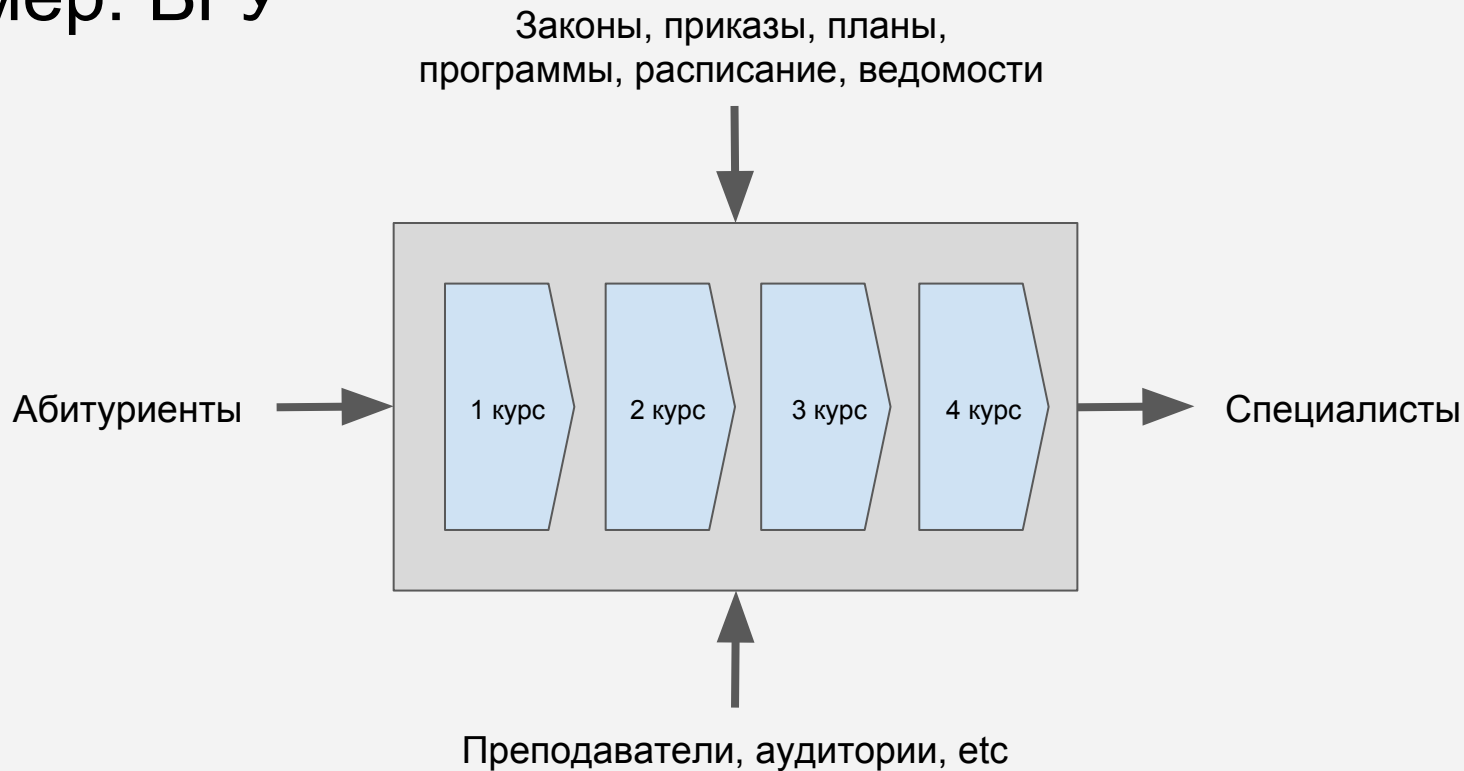
# Система по Оптнеру



# Пример: БГУ



# Пример: БГУ

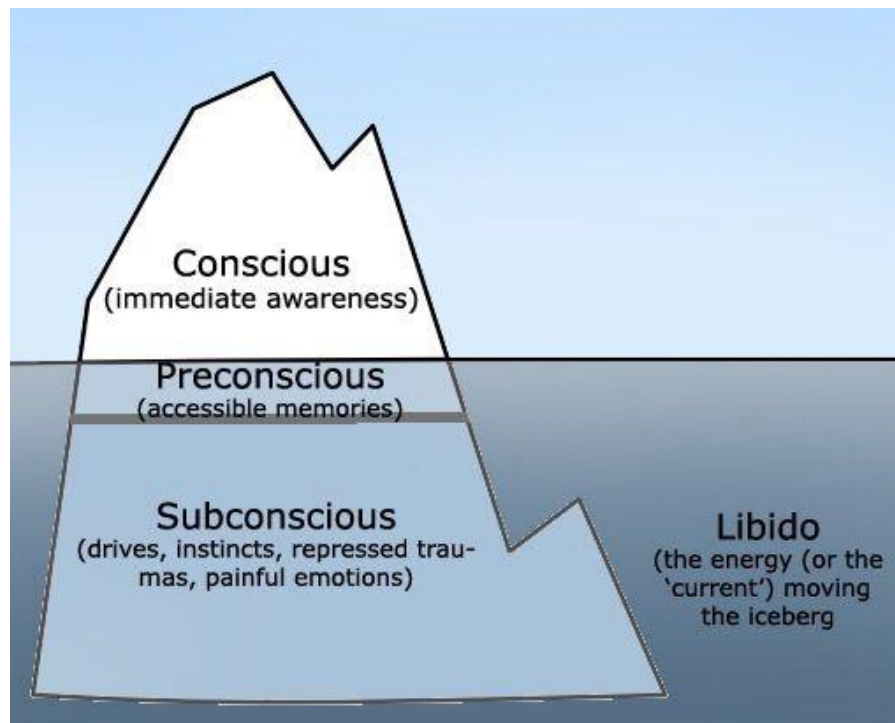


# Иерархия уровней

Любая сложная система на каждом шаге своей эволюции обладает иерархией, иерархичность позволяет описывать и понимать системы

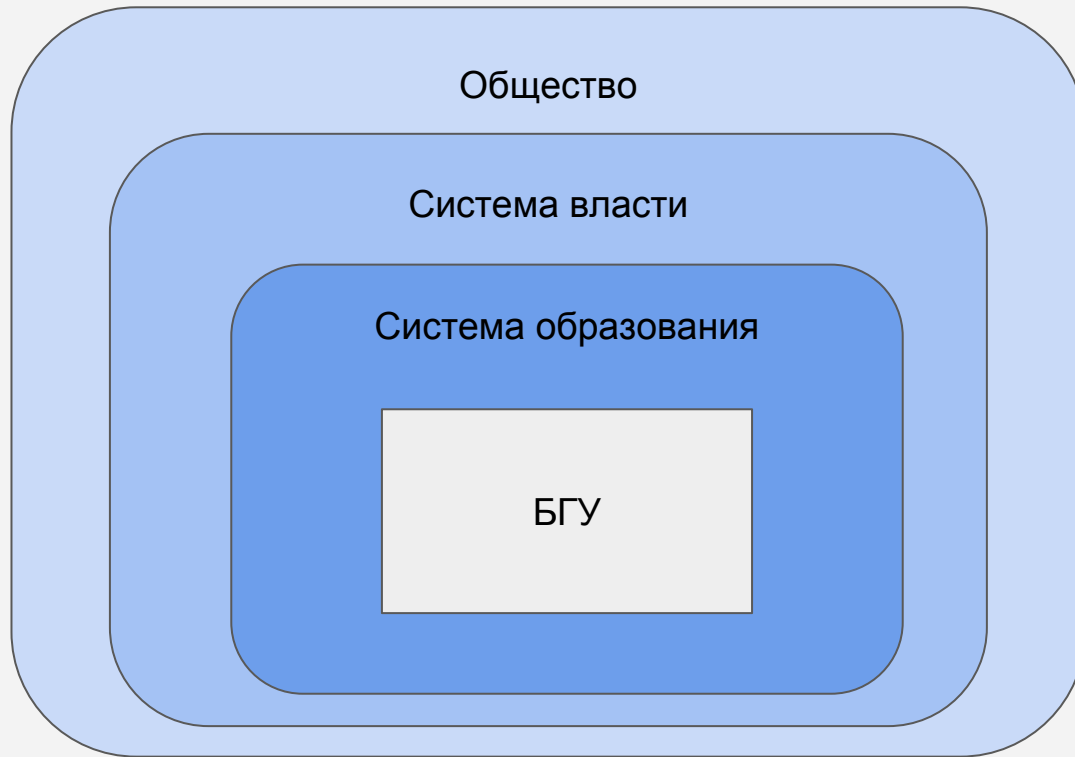
Для лучшего понимания системы необходимо выявлять порядок, схожесть в ее частях и поведении

Законы низкоорганизованных систем определяют законы высокоорганизованных (но не наоборот)



Оно, Я и Сверх-Я по Фрейду

# Пример: БГУ



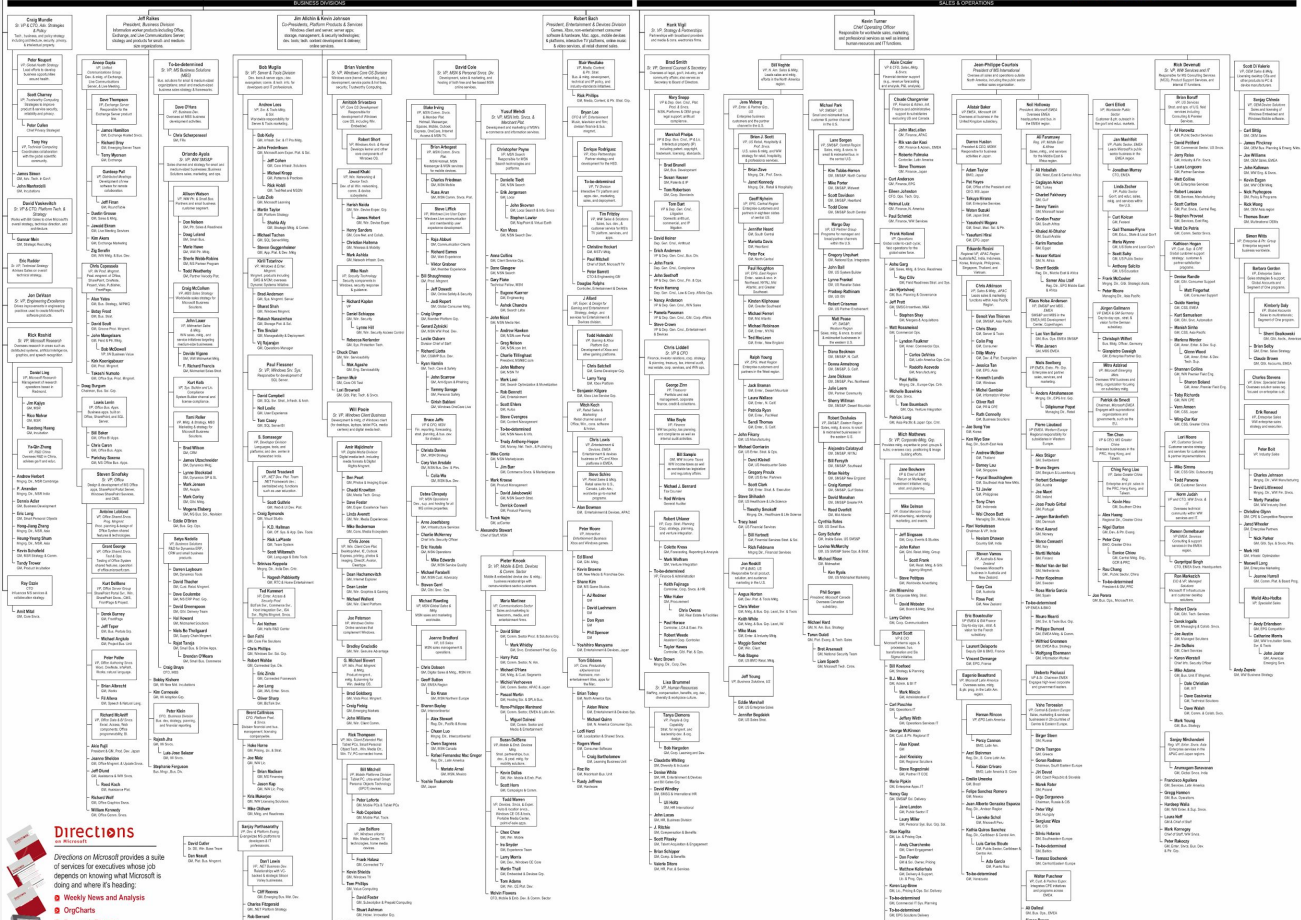
Bill Gates  
Chairman and Chief Executive Officer  
1955, Lakeside, Washington  
1975, Harvard Business School  
1980, Harvard Business School  
1995, Harvard Business School  
1997, Harvard Business School  
1998, Harvard Business School  
1999, Harvard Business School  
2000, Harvard Business School  
2001, Harvard Business School  
2002, Harvard Business School  
2003, Harvard Business School  
2004, Harvard Business School  
2005, Harvard Business School  
2006, Harvard Business School  
2007, Harvard Business School  
2008, Harvard Business School  
2009, Harvard Business School  
2010, Harvard Business School  
2011, Harvard Business School  
2012, Harvard Business School  
2013, Harvard Business School  
2014, Harvard Business School  
2015, Harvard Business School  
2016, Harvard Business School  
2017, Harvard Business School  
2018, Harvard Business School  
2019, Harvard Business School  
2020, Harvard Business School  
2021, Harvard Business School  
2022, Harvard Business School  
2023, Harvard Business School  
2024, Harvard Business School  
2025, Harvard Business School

Steve Ballmer  
Chief Executive Officer  
1964, Chicago, Illinois  
1986, University of Chicago  
1988, University of Chicago  
1990, University of Chicago  
1992, University of Chicago  
1994, University of Chicago  
1996, University of Chicago  
1998, University of Chicago  
2000, University of Chicago  
2002, University of Chicago  
2004, University of Chicago  
2006, University of Chicago  
2008, University of Chicago  
2010, University of Chicago  
2012, University of Chicago  
2014, University of Chicago  
2016, University of Chicago  
2018, University of Chicago  
2020, University of Chicago  
2022, University of Chicago  
2024, University of Chicago  
2025, University of Chicago

# The Microsoft Corporate Organization

MARCH 2006

# Directions on Microsoft



## Оргструктура Microsoft

**Directions**  
Directions on Microsoft provides a suite of services for executives whose job depends on knowing what Microsoft is doing and where it's heading:

- Weekly News and Analysis
- Cybercasts
- Research Reports
- Product Roadmaps
- Advisory and Briefings

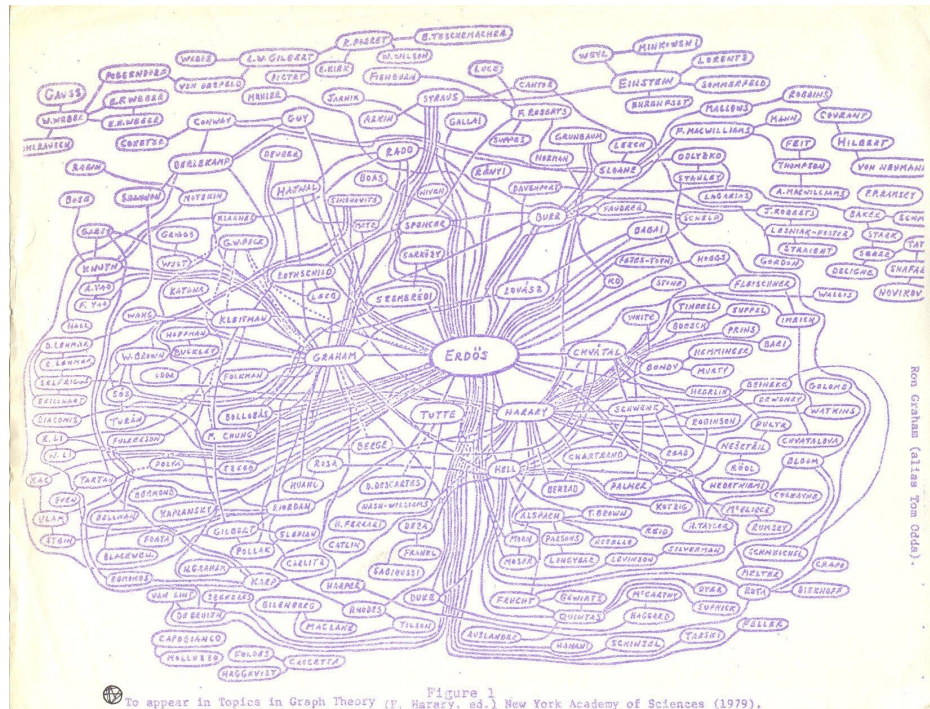
# Сетевидность

Сеть является фундаментальной топологией систем, отсюда связанность и взаимодействие элементов

Можно выделить системные и несистемные звенья

Сложные системы характеризуются наличием дублирующих звеньев

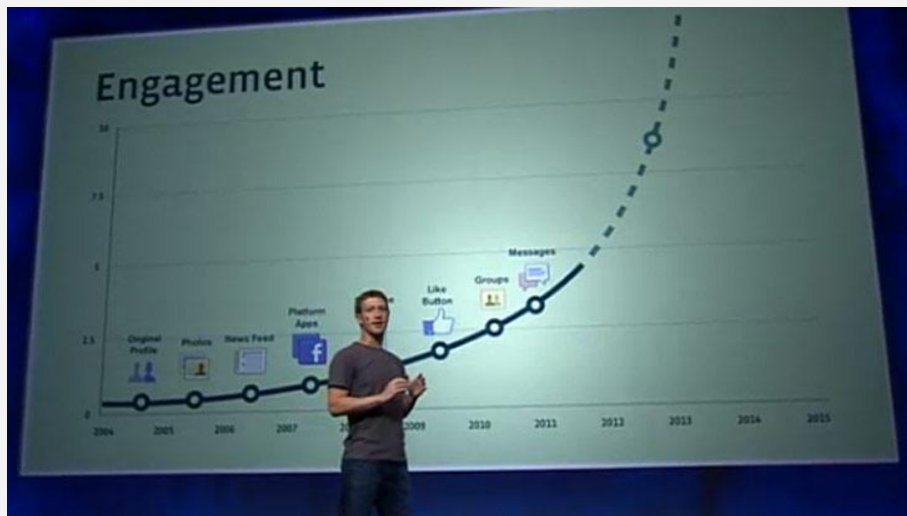
Добавление новых связей требует энергии



Сеть [соавторов Эрдеша](#)



# Facebook



- Фейсбук значительно вырос, когда изменил “стену” на “ленту новостей” в 2006 году
- Сетевидная структура запустила усиливающий цикл обратной связи
  - Человек видит шаринги своих друзей и знакомых
  - Шарит понравившиеся материалы сам
  - Еще больше людей начинает видеть их
- Количество расшариваемой информации растет экспоненциально ( $C * 2^T$ )

# Контуры обратных связей

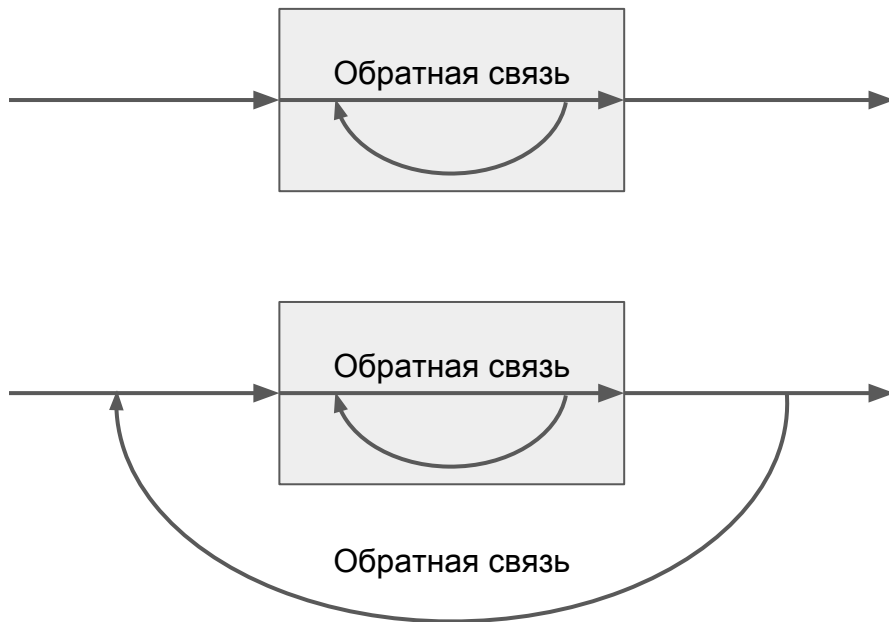
Взаимосвязи внутри систем нелинейны и образуют многочисленные циклы

Сложное поведение вызывается переходом доминирования от одного цикла обратной связи к другому

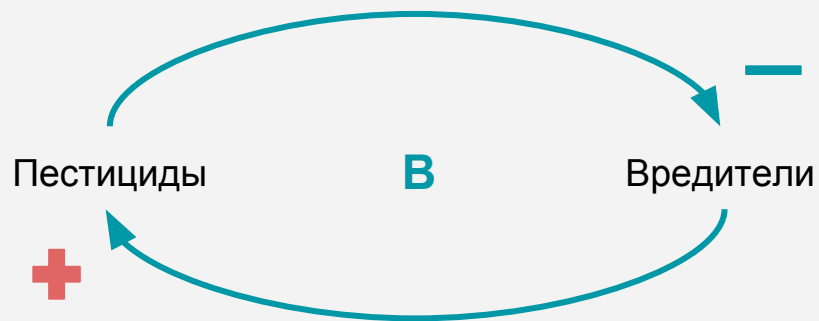
Информация в цикле обратной связи может повлиять только на будущее поведение

Однонаправленное воздействие невозможно

Системы с одинаковой структурой обратных связей демонстрируют схожее поведение

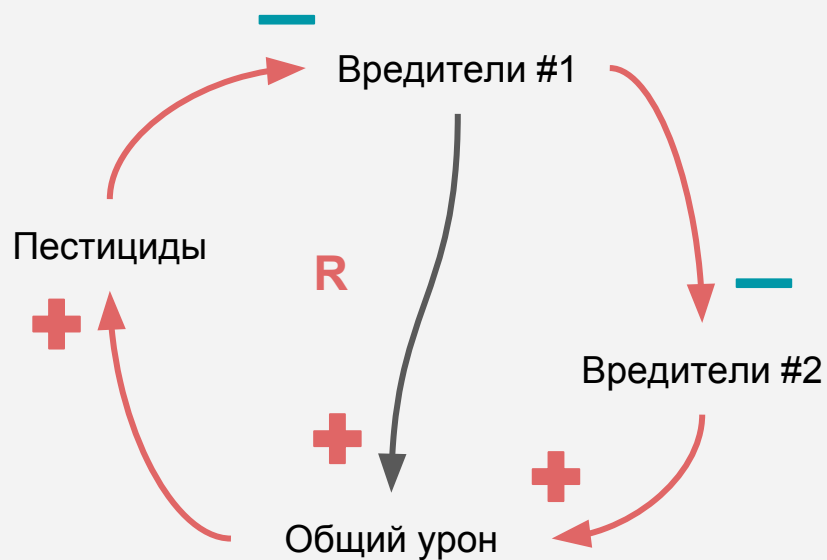


# Пример: Борьба с насекомыми-вредителями



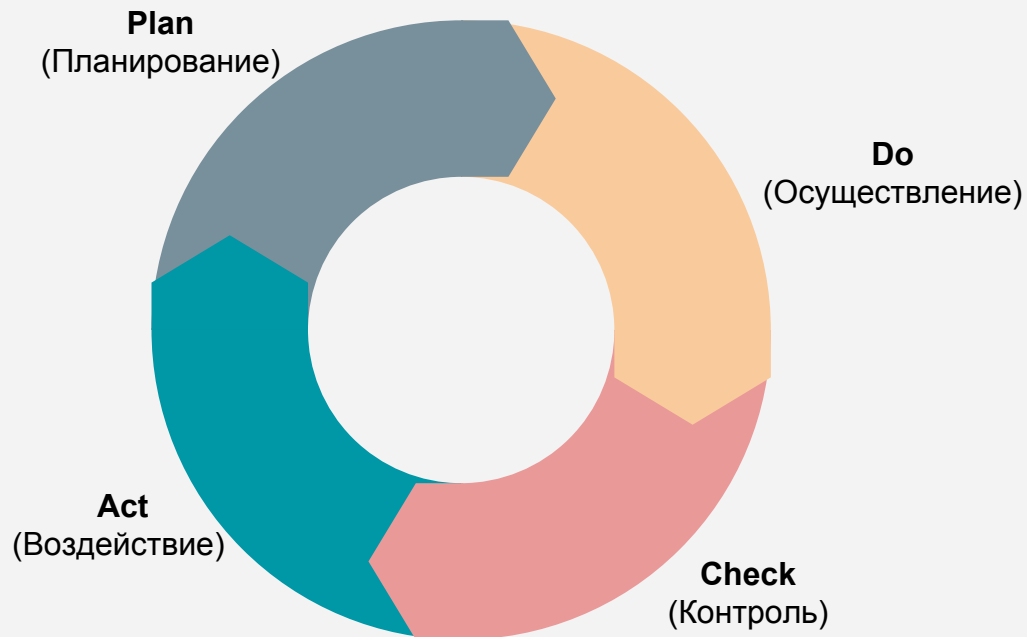
- Задача: справиться с вредителями
- Линейная логика мышления:
  - Чем больше вредителей, тем больше применяем пестицидов
  - Чем больше пестицидов, тем меньше останется вредителей
- Цикл обратной связи: балансирующий (balancing)

# Пример: Борьба с насекомыми-вредителями

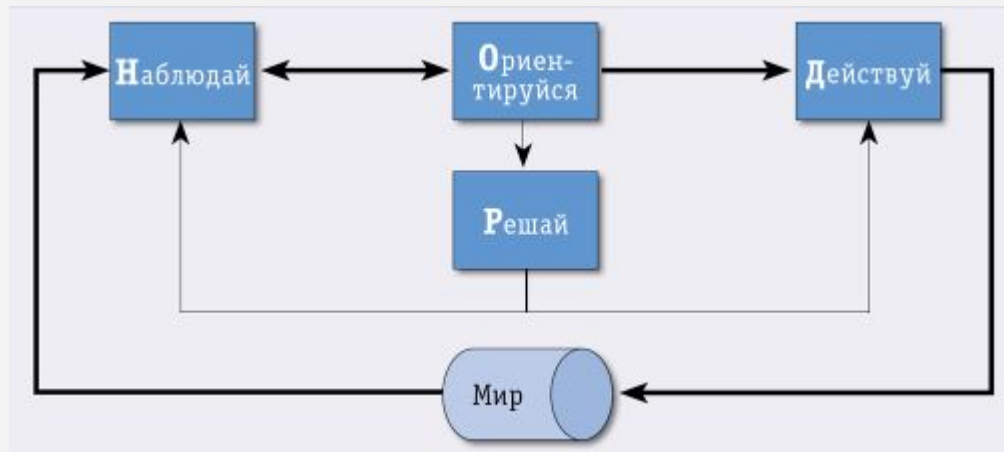


- Реальность: вредителей через некоторое время становится еще больше
- Почему:
  - Вредителей несколько видов
  - Вредители #1 подавляли вредителей #2
  - Сейчас же вторых становится намного больше
  - Чем больше пестицидов, тем больший урон
- Цикл обратной связи: усиливающий (reinforcing)

# Пример: Цикл PDCA (Деминг, Шухарт)

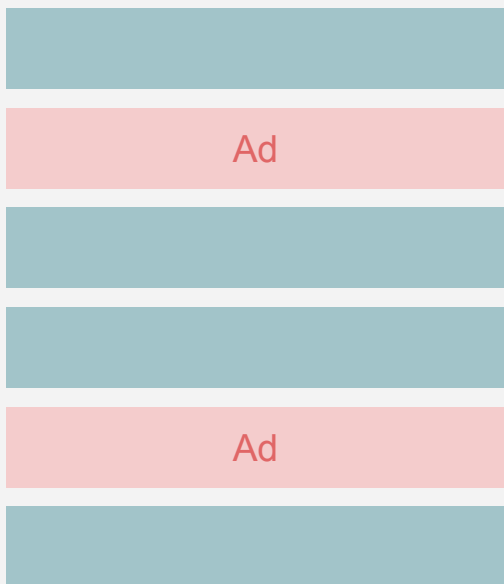


# Цикл OODA (Бойд)



- Наблюдение (observation)
  - Изменения во внешней среде → сигналы (данные)
- Ориентация (orientation)
  - Оценка данных в соответствии с контекстом
  - Данные → информация
- Решение (decision)
  - Выбор альтернатив
- Действие (action)
  - Воздействие на окружающую среду

# Опять про Facebook



- Фейсбук существует за счет рекламы, поэтому они вынуждены добавлять больше рекламы в ленты пользователей
  - Больше людей -- больше рекламы
  - Это усиливающий цикл обратной связи
- Экспоненциальный рост расшариваемой информации уменьшает количество мест для рекламы
  - Больше друзей -- больше постов
  - Больше постов -- меньше места для рекламных блоков
  - Это балансирующий цикл обратной связи
- Это указывает на предел роста доходов от рекламы в будущем

# Идеальная система

У самой эффективной системы результат максимален, а затраты нулевые

[Идеальная система](#) -- предельная цель развития любой технической системы

Направления развития идеальности:

$$\Sigma \Phi_{\text{расплата}} \Rightarrow 0$$

функция выполняется без затрат времени, пространства, энергии, вещества

$$\Sigma \Phi_{\text{польза}} \Rightarrow \infty$$

многофункциональность при тех же расплатах

$$\Sigma \Phi_{\text{вред}} \Rightarrow 0$$

приспособление к внешней среде

$$И = \frac{\Sigma \Phi_{\text{польза}}}{\Sigma \Phi_{\text{затраты}} + \Sigma \Phi_{\text{вред}}} = \frac{\Sigma \Phi_{\text{польза}}}{\Sigma \Phi_{\text{расплата}}} \Rightarrow \infty$$

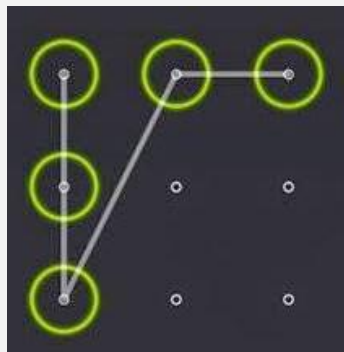


# “Безопасная” разблокировка экрана

*Эволюция телефонов идет по пути снижения затрат  
(усилий пользователя, времени)*



Ввод кода безопаснее  
свайпа, но отнимает  
время



Графический код  
вводится быстрее



Отпечаток пальца работает  
еще быстрее, но все еще  
требует тактильного  
взаимодействия



Разблокировка по лицу  
наиболее “идеальная”  
система из представленных

# Дуализм

Принципиальная проблема выбора заключается в выборе баланса между антагонистическими парами для достижения целей при заданных ограничениях

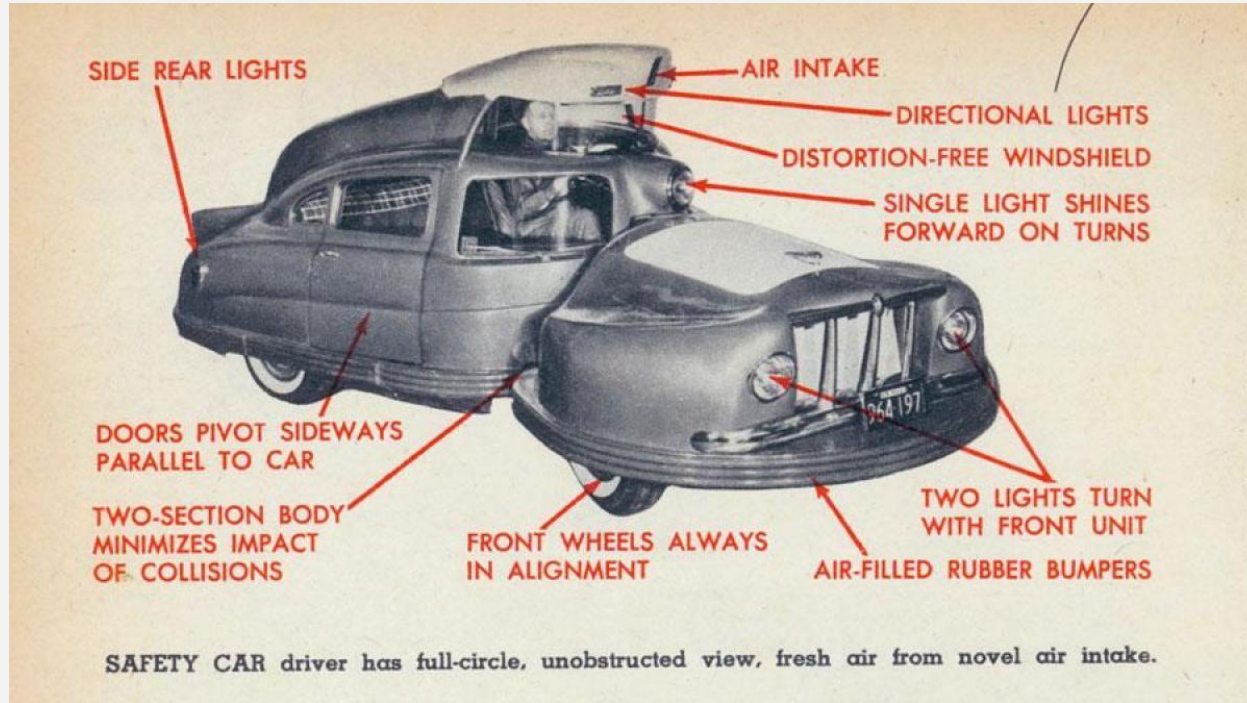
Антагонистические пары:

- Специализация и универсализм
- Надежность и безопасность
- Прочность и гибкость
- Пушки и масло
- ...



Размер DDR3 RAM нового Macbook Pro ограничен 16 GB, так как больший размер памяти и переход на DDR4 привели бы к заметно большему потреблению энергии

# Sir Vival



Sir Vival Safety Car (1958)  
задумывался как самый  
безопасный автомобиль в мире

Но оказался уродливым и  
непрактичным

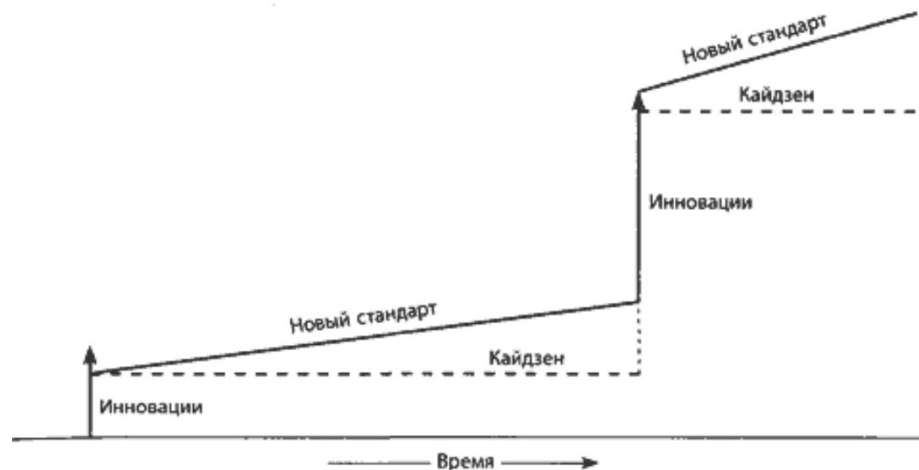
# Стабильность и изменения

Вещи изменяются с разным темпом и скоростью

То что меняется редко, должно служить направляющим для того, что меняется с большой скоростью

Изменения необходимы для роста и адаптации, они являются частью естественного порядка вещей, не должны быть игнорированы или запрещены

Системам присуще скачкообразное изменение состояний, для чего систему необходимо вывести из текущей колеи



Японская философия качества [Кайдзен](#)

# Бег на милю



- До середины XX века никто не мог пробежать (~1.6 км) быстрее чем за 4 минуты
  - Специалисты даже указывали на сочетание факторов (вроде сопротивления воздуха и аэродинамику тела), которые делают это результат принципиально невозможным
- 6 мая 1954 года в Оксфорде Роджер Баннистер взял и пробежал милю за 3 минуты и 59,4 секунды
  - Это перевернуло мировоззрение людей и сломало психологический ограничитель в умах
  - Через полтора месяца австралиец Джон Лэнди улучшил рекорд Баннистера
  - С того времени зафиксировано [еще 4500 более лучших результатов](#)

# Принцип рычага

Система противится изменениям, всегда стремится к стабильности, потому что все ее элементы взаимосвязаны

Если понять систему, то можно найти ее уязвимые места

Небольшое воздействие на них может стать причиной значительных изменений.

Знание того, где находится оптимальная точка приложения рычага, позволит с наименьшим усилием получить значительный результат



Детектив Коломбо справился с сильным соперником используя его подругу

# Источники

- Торгашев А. [Теоретические основы сильного мышления](#)
- Жилин Д. *Теория систем. Опыт построения курса* — Москва, Либроком, 2010.
- Тарасенко Ф. П. *Прикладной системный анализ* — Томск, Издательство Томского университета, 2004.
- Хомяков П. М. *Системный анализ: Экспресс-курс лекций* — Москва, Издательство ЛКИ, 2008.