

# Теория систем и системное мышление

Алексей Каптерев

[www.newcode.ru](http://www.newcode.ru)

# Правила лекции

- Есть лектор и тема
- Вопросы можно задать в любой момент
- Для этого нужно поднять руку
- Один источник звука
- Лектор не знает всего
- Если вы знаете лучше, вы выходите и рассказываете (это нормально)

# О чем будем говорить

- Что такое теория систем и зачем она нужна?
- Основные принципы и понятия:
  - Система
  - Основные принципы
  - Причина, следствие, вероятность
  - Обратная связь
- Что со всем этим делать?


Недвойствен  
ность

Двойствен  
ность

Двойственность  
+  
недвойствен  
ность

Теор  
ия  
систе  
м

**Основная задача  
теории систем –  
управление  
сложностью.**



Теория систем – это  
лекарство, которое  
превратилось в болезнь.

Кен Уилбер

# Что такое...?

**Теория систем** – междисциплинарная область, изучающая отношения внутри систем, а также систем между собой.

**Система** (от греческого «совмещать») – совокупность элементов, порождающих целое.

# «Словечки»

- Структура
- Состояние
- Функция
- (Само-)организация
- Обратная связь
- Гомеостаз
- Энтропия
- Бифуркация
- Топология
- Резонанс



# История вопроса

- 1945-1955 – общая теория систем (ОТС), Людвиг фон Берталанфи
- 1948-1955 – кибернетика, Росс Эшби, Норберт Винер (математическая теория коммуникации и контроля в системах с обратной связью)
- 1969 - теория изменений, Илья Пригожин (область химии, изучающая изменения в диссипативных нелинейных средах)
- 1970 – теория катастроф, Рене Том (область математики, изучающая резкие масштабные изменения по незначительным причинам)
- 1980 - теория хаоса, Эдвард Лоренц, Джеймс Йорк (область математики, изучающая нелинейные динамические системы, бифуркации, аттракторы и хаотические движения)
- 1990 – теория комплексных адаптивных систем (CAS), Джон Холланд и др. (область математики, изучающая эмерджентность, адаптацию, само-организацию в сложных системах)

Система – это обособленная часть,  
фрагмент мира, вселенной,  
обладающий особым качеством  
(эмерджентностью) относительной  
самодостаточностью.

П.Эткинс

Граница

Систем  
а

Окружение



# Какие бывают системы?

- Простые-сложные
- Статические-динамические
- Открытые-закрытые-изолированные
- Линейные-нелинейные
- Абиотические-живые-разумные
- Аналоговые-дискретные

Система – это комплекс избирательно вовлеченных элементов, взаимодействующих для достижения заданного полезного результата, который принимается основным системно образующим фактором. – В.А.Анохин

# Аксиомы ОТС

(одна из версий)

- у системы всегда есть **одна** постоянная генеральная **цель**
- цель для систем ставится **извне**
- для достижения цели система должна функционировать определённым образом
- **результат** действия систем существует независимо от самих систем
- принцип изоморфизма

# Законы ОТС

- закон сохранения
- законы иерархии
  - целей - распределение на подцели
  - систем - распределение подцелей между подсистемами и подчиненность подсистем
- закон причинно-следственных ограничений (детерминизм действий систем)

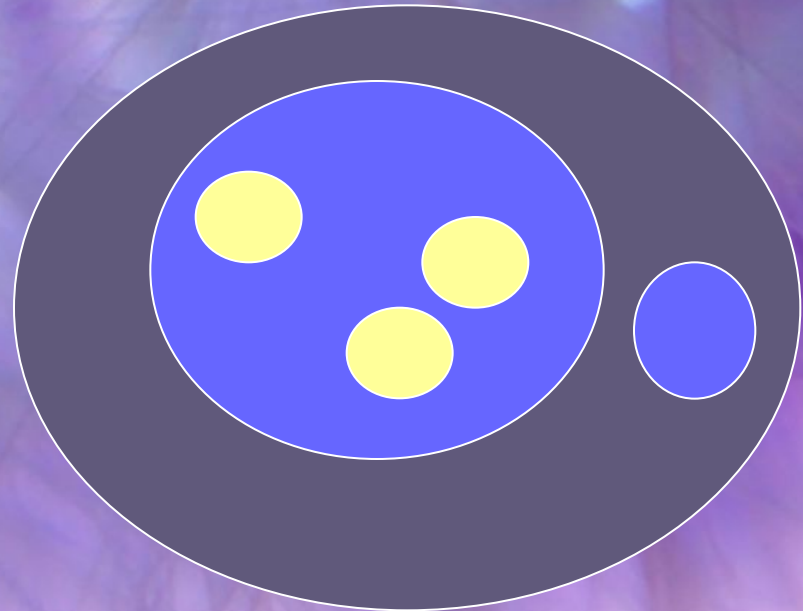
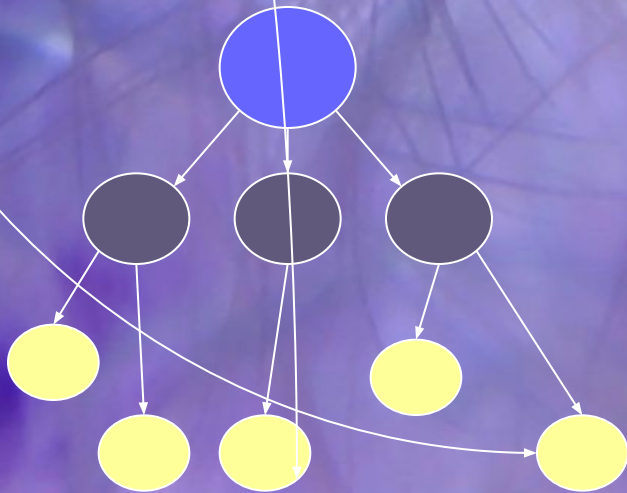


# Закон сохранения

- Материя и энергия не возникают ниоткуда и не пропадают никуда ( $E=mc^2$ ).
- На создание системы затрачивается энергия.
- При разрушении системы выделяется энергия.
- На преобразование системы из простой в сложную затрачивается энергия.
- При упрощении системы выделяется энергия.
- Внутренняя энергия системы – энергия связи между элементами системы.

# Иерархия

- hierarchia = hieros (священный) + arche (власть)
- упорядоченное расположение частей целого
- по системным уровням от высшего к низшему



# Закон причинно- следственных ограничений

- На все есть своя причина.
- На определенную причину есть определенное следствие.
- Все это не гарантирует 100% предсказуемость системы:
  - Сложные системы сложнопредсказуемы
  - На микроуровне случаются вообще случайные события

Поведение элементарных частиц  
**случайно и непредсказуемо.**

Это **НЕ** мир «бильярных шаров».

# Принцип неопределенности Гейзенберга



Чем точнее мы знаем  
координаты частицы, тем  
менее точно мы можем  
определить ее импульс и  
наоборот.

– Вернер Гейзенберг, 1927

# Наблюдение меняет объект

Измерить характеристики квантового объекта, например электрона, можно лишь через его взаимодействие с другим квантовым объектом; при этом состояние измеряемого объекта изменится.

# Кот Шрёдингера



# Еще один (Шрёдингер любил кошек мучить)





# Теорема Белла

Поведение элементарных частиц случайно и непредсказуемо, но оно находится в тесной корреляции с окружающими их частицами.

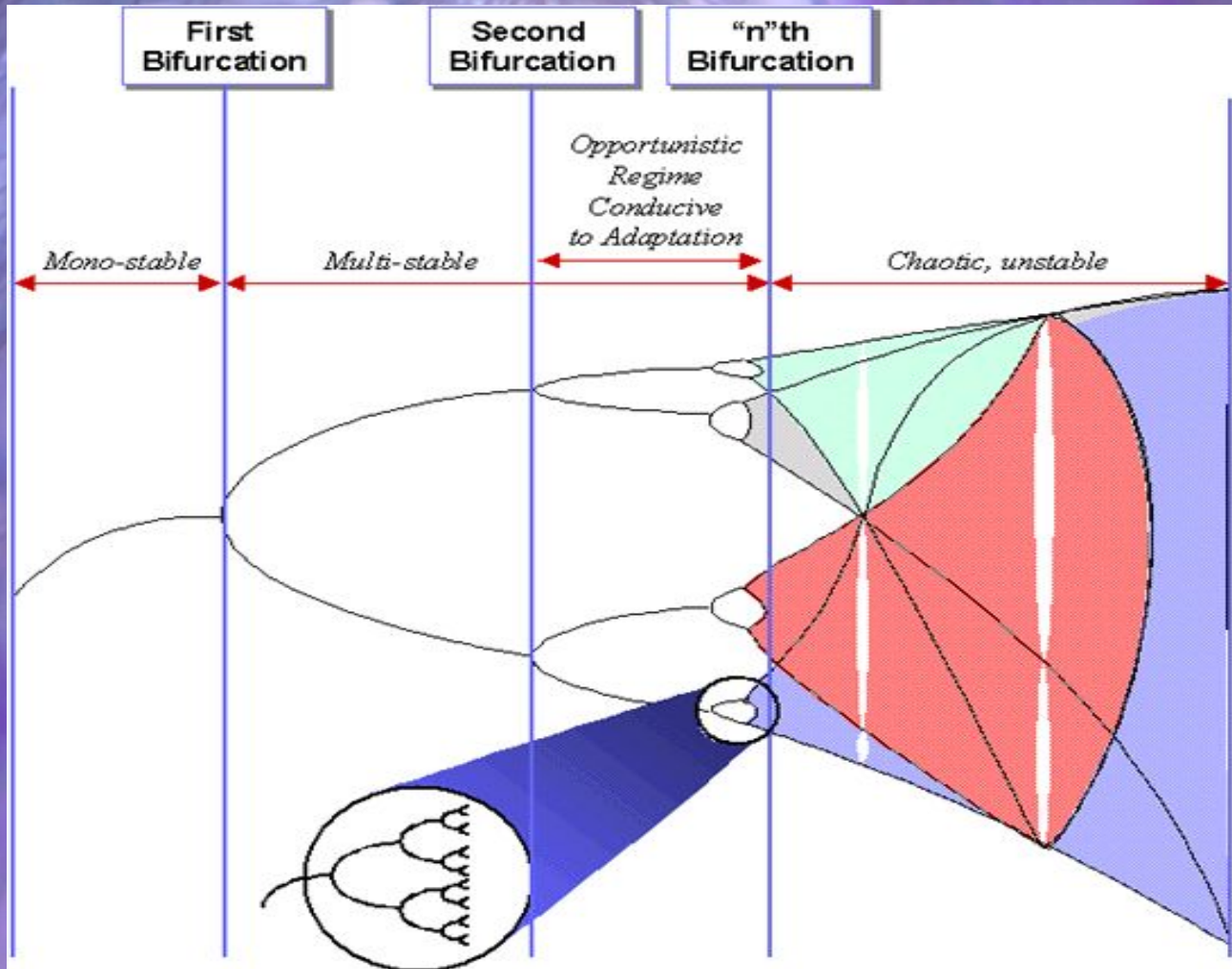
– Джон Белл, 1975

(цитата не точна, но смысл примерно передает)

**Будущее** открыто и  
непредсказуемо, но **не**  
**произвольно.**

Существуют **спектры** возможных  
будущих состояний в виде наборов  
структур-аттракторов сложных  
эволюционных процессов.

# Точки бифуркации

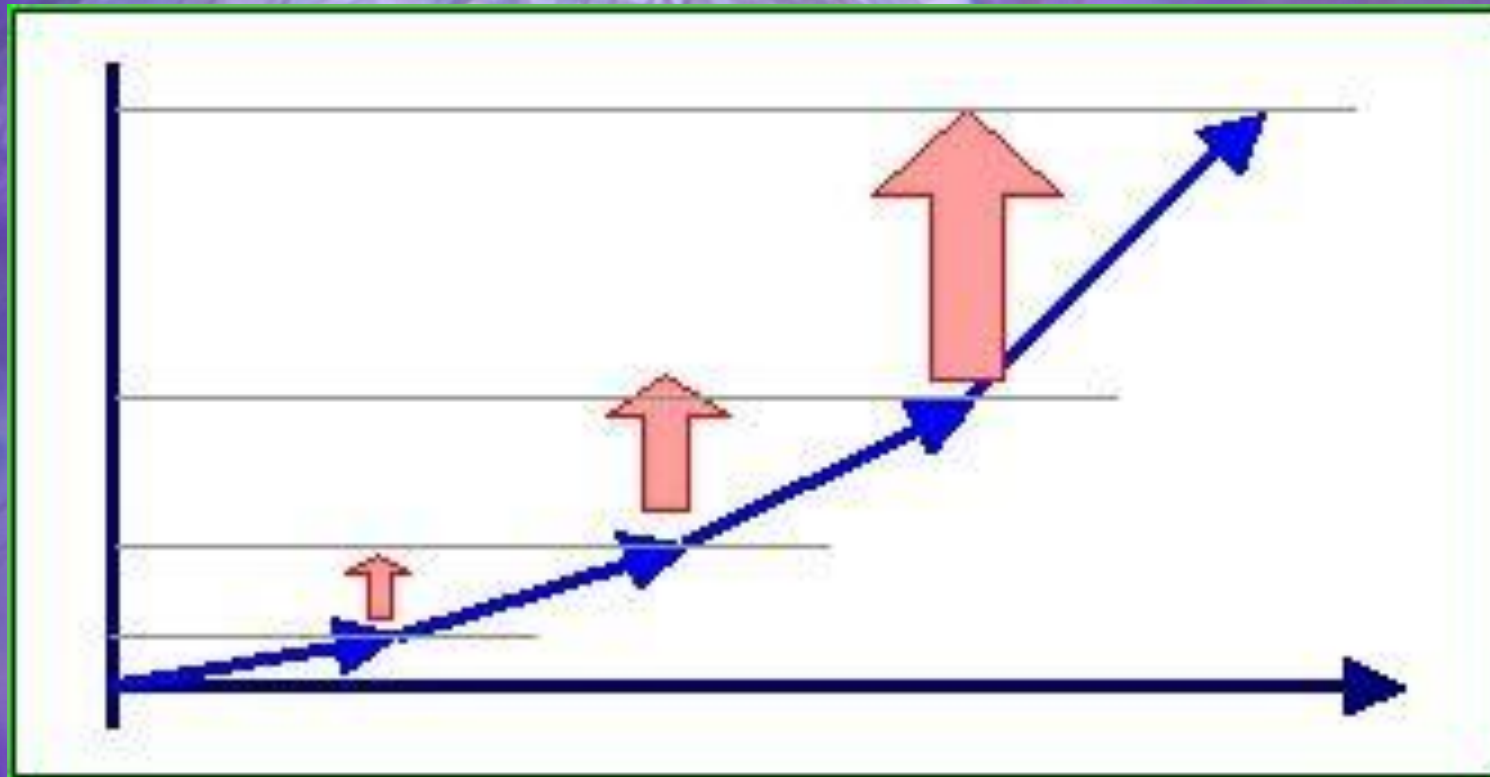


# Простая обратная связь

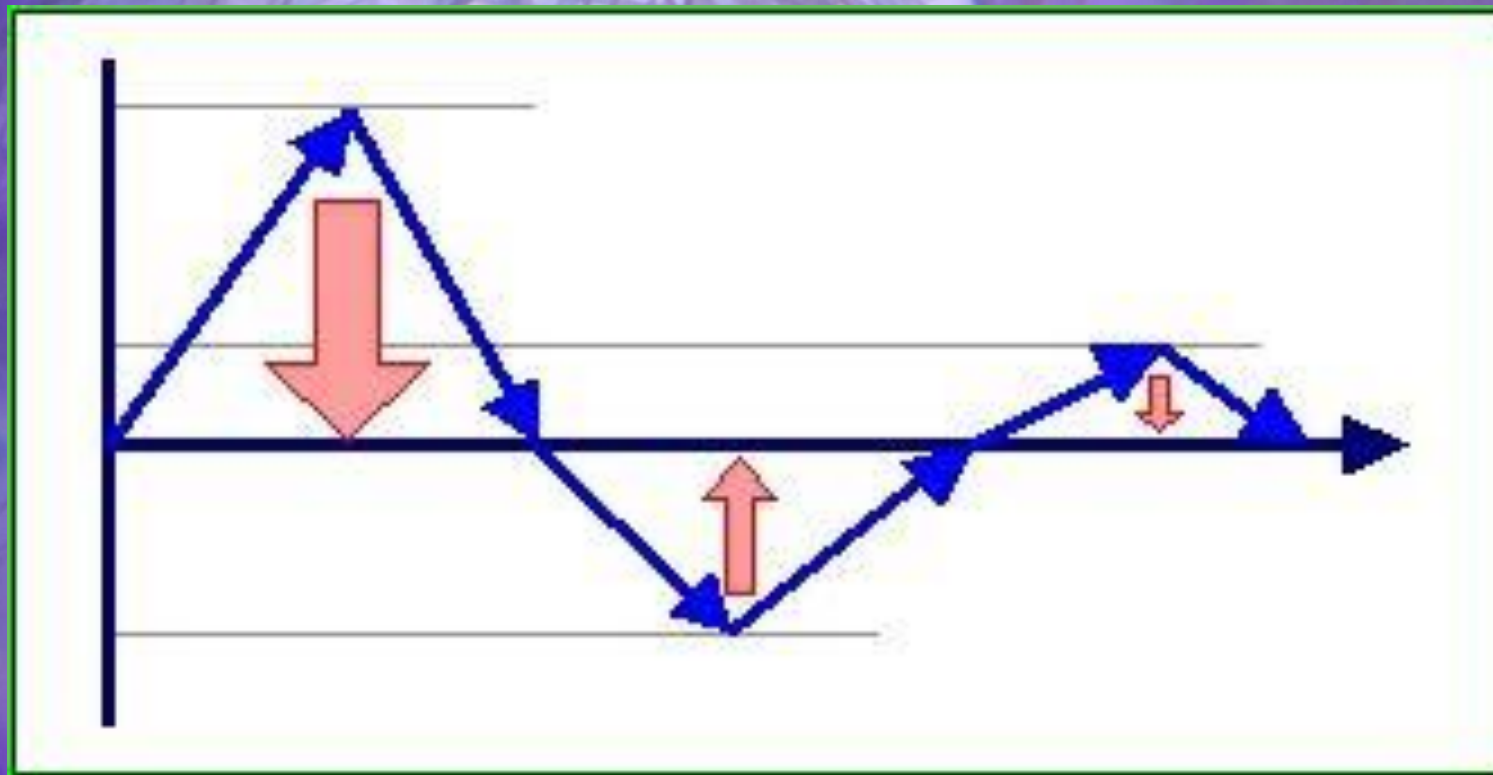


Р и с. 1. Модель простой обратной связи.

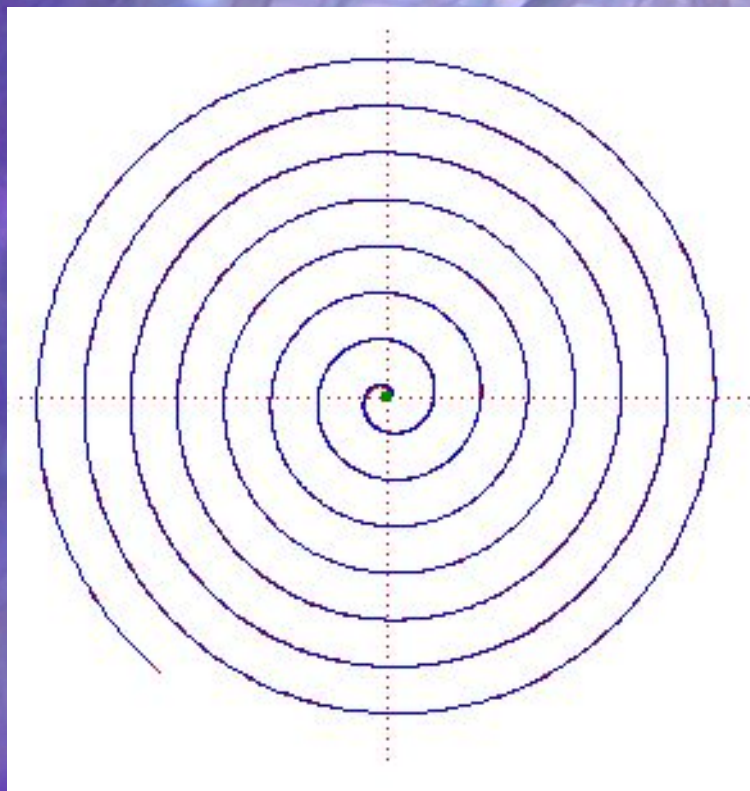
# Поддерживающая ОС



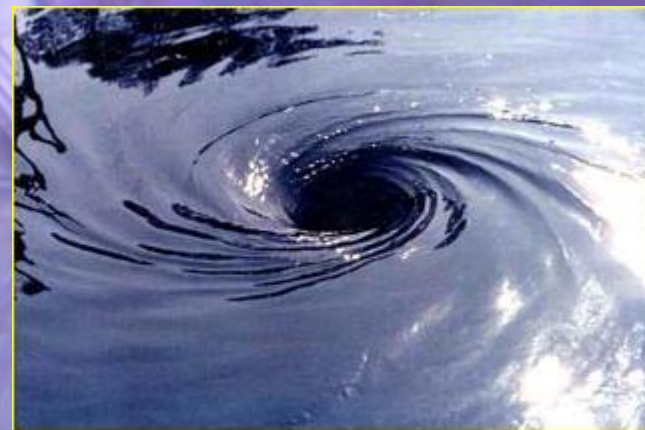
# Компенсирующая ОС



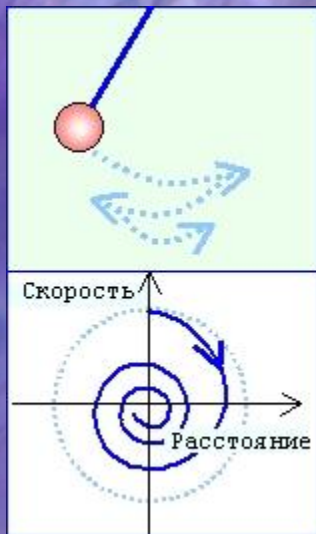
# Эволюция системы



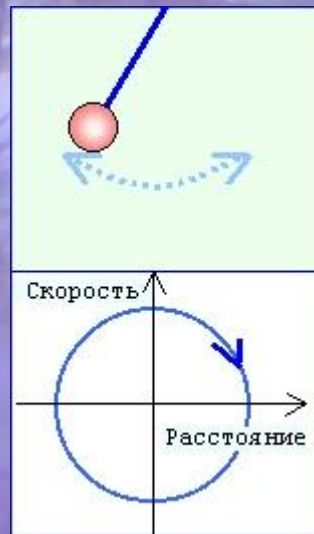
Спираль Архимеда



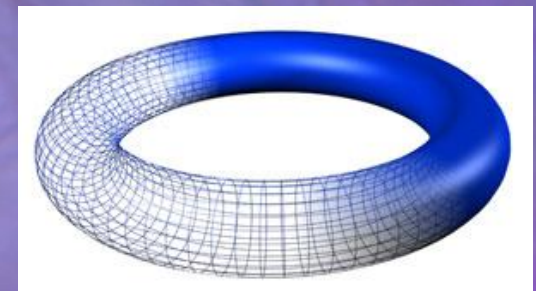
# Простые аттракторы



Точка



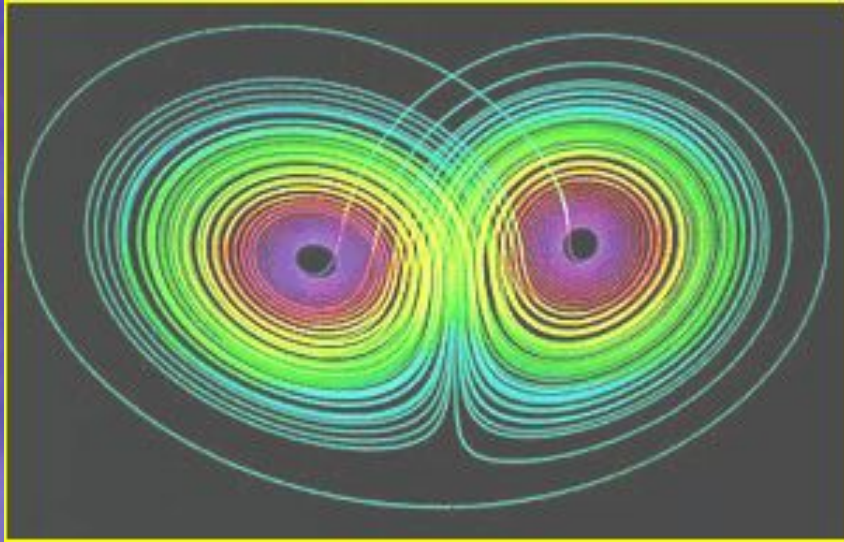
Предельный  
цикл



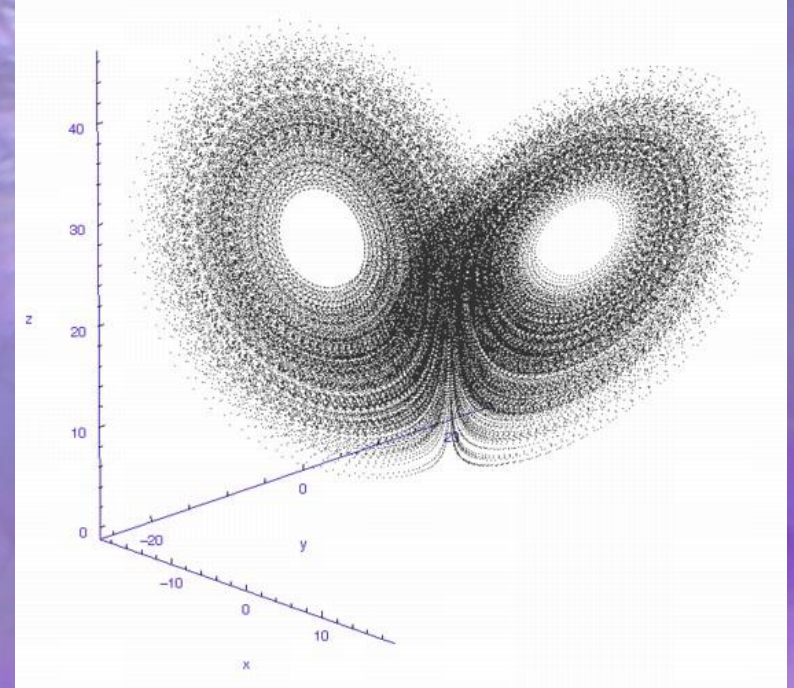
Тор



# Странные аттракторы



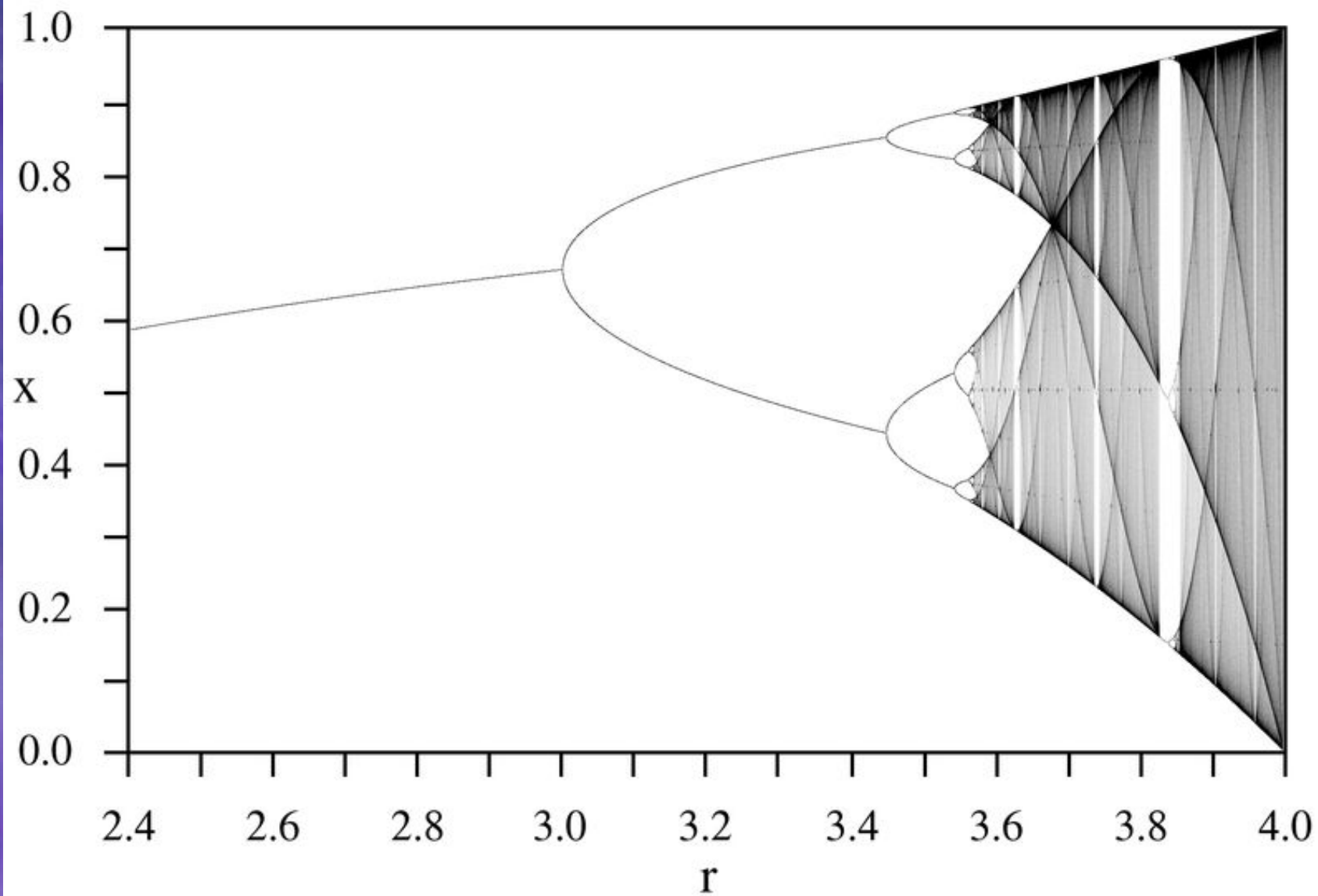
Аттрактор  
Лоренца



Он же в 3-D

# Теория хаоса

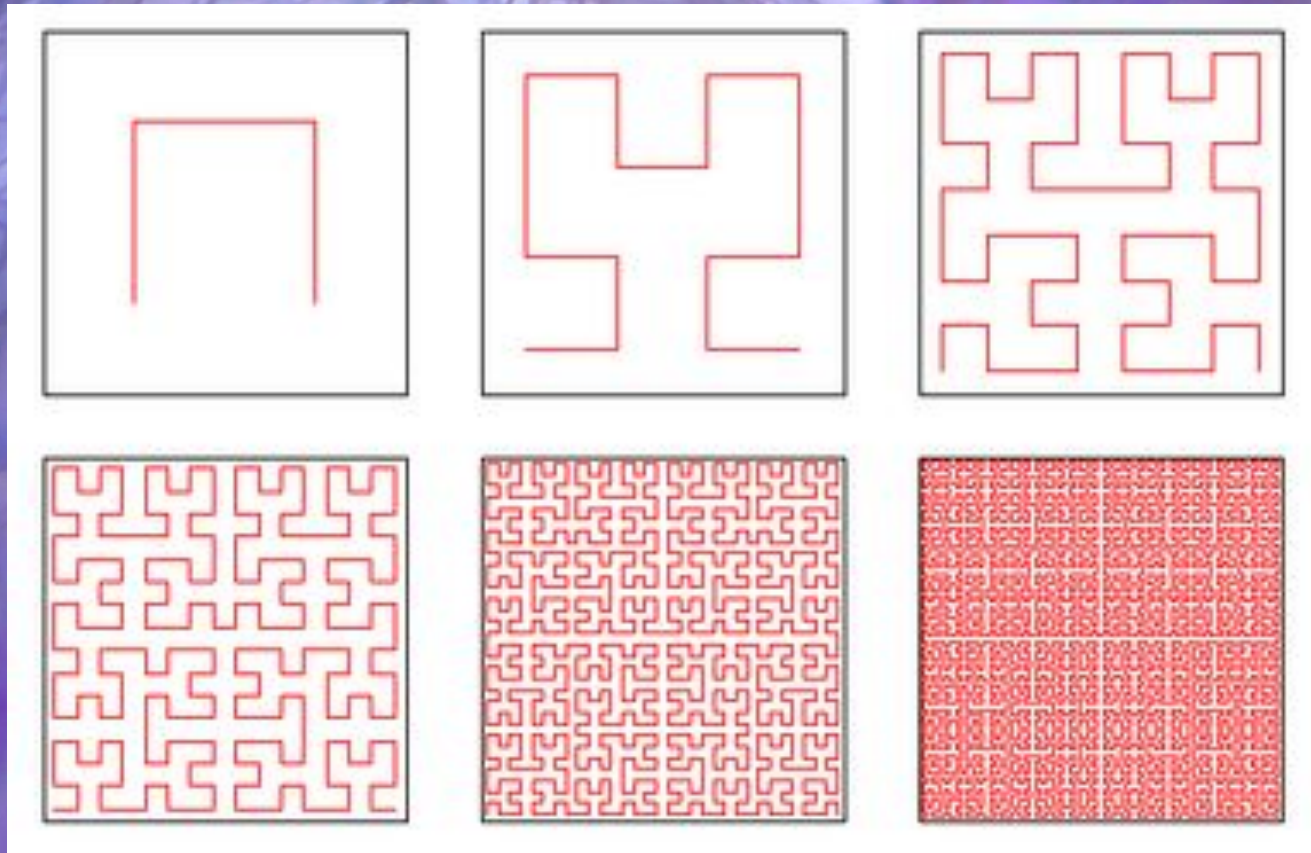
Хаос – поведение, возникающее в сложных, нелинейных, динамических системах.



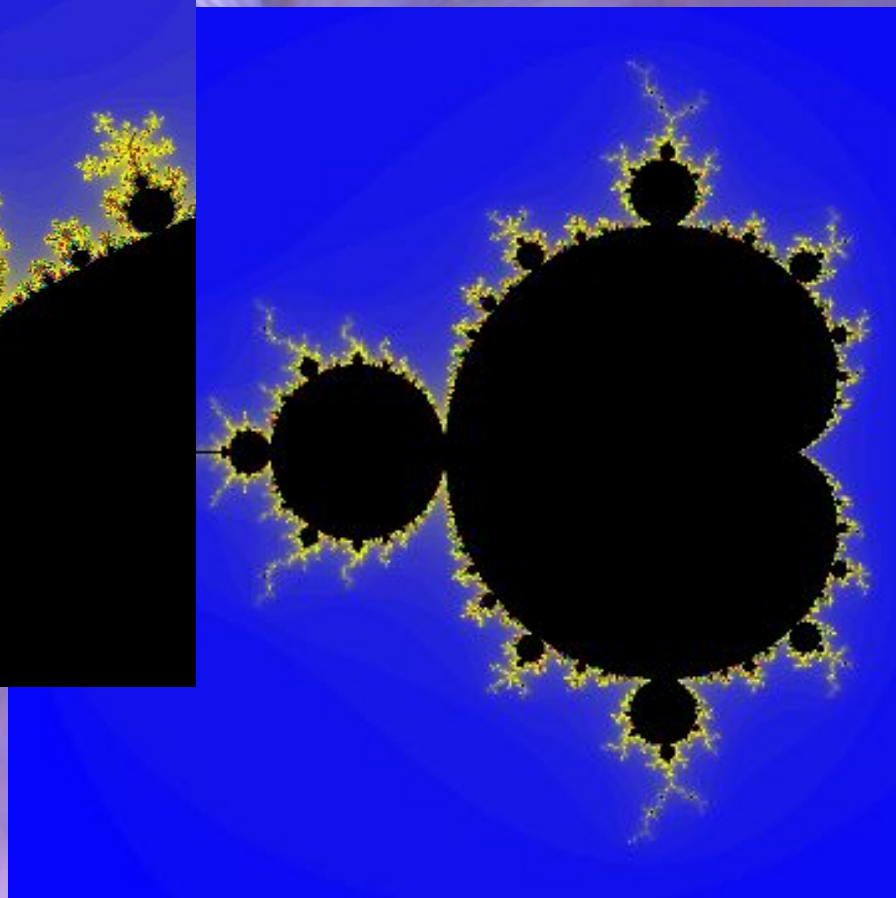
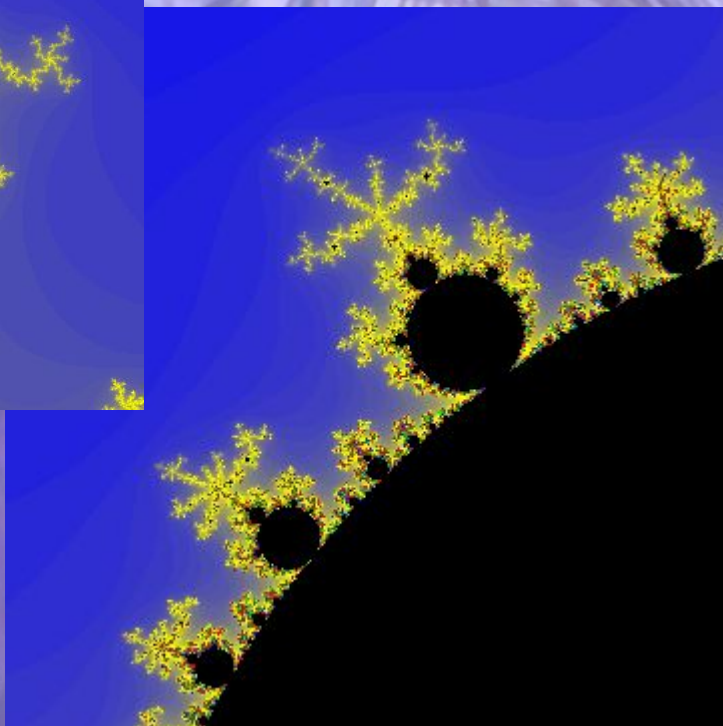
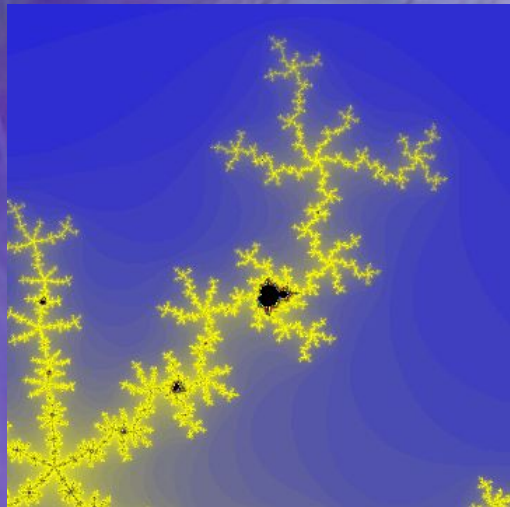
# Паттерны

Паттерн – устойчивый,  
повторяющийся элемент системы.

# Кривая Хуберта

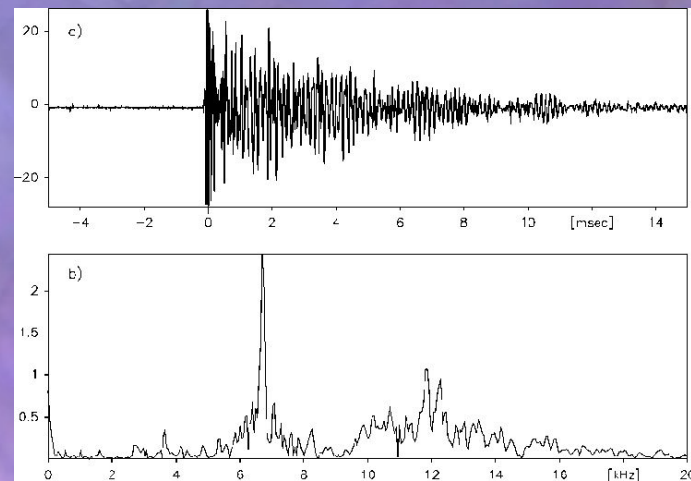


# Фрактал Мандельброта



# Резонанс

Способность системы принять больше энергии, чем обычно, если частота колебаний совпадает с внутренней естественной частотой вибрации системы (резонансной частотой).



# Примеры резонанса



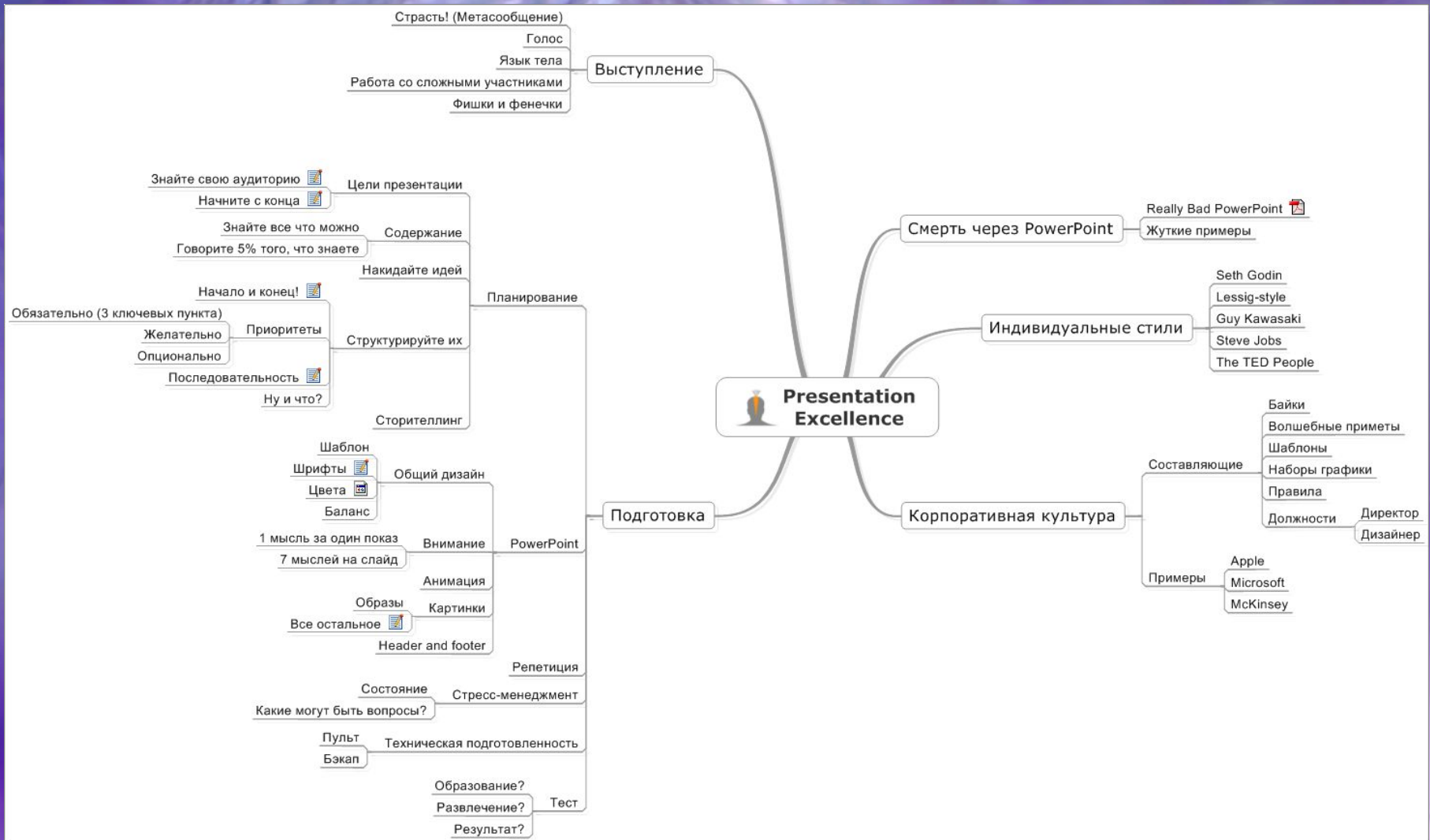
# Моделирование

- Моделирование – основной способ изучения систем.
- Цели моделирования:
  - Объяснение/понимание
  - Предсказание
  - Управление с целью оптимизации

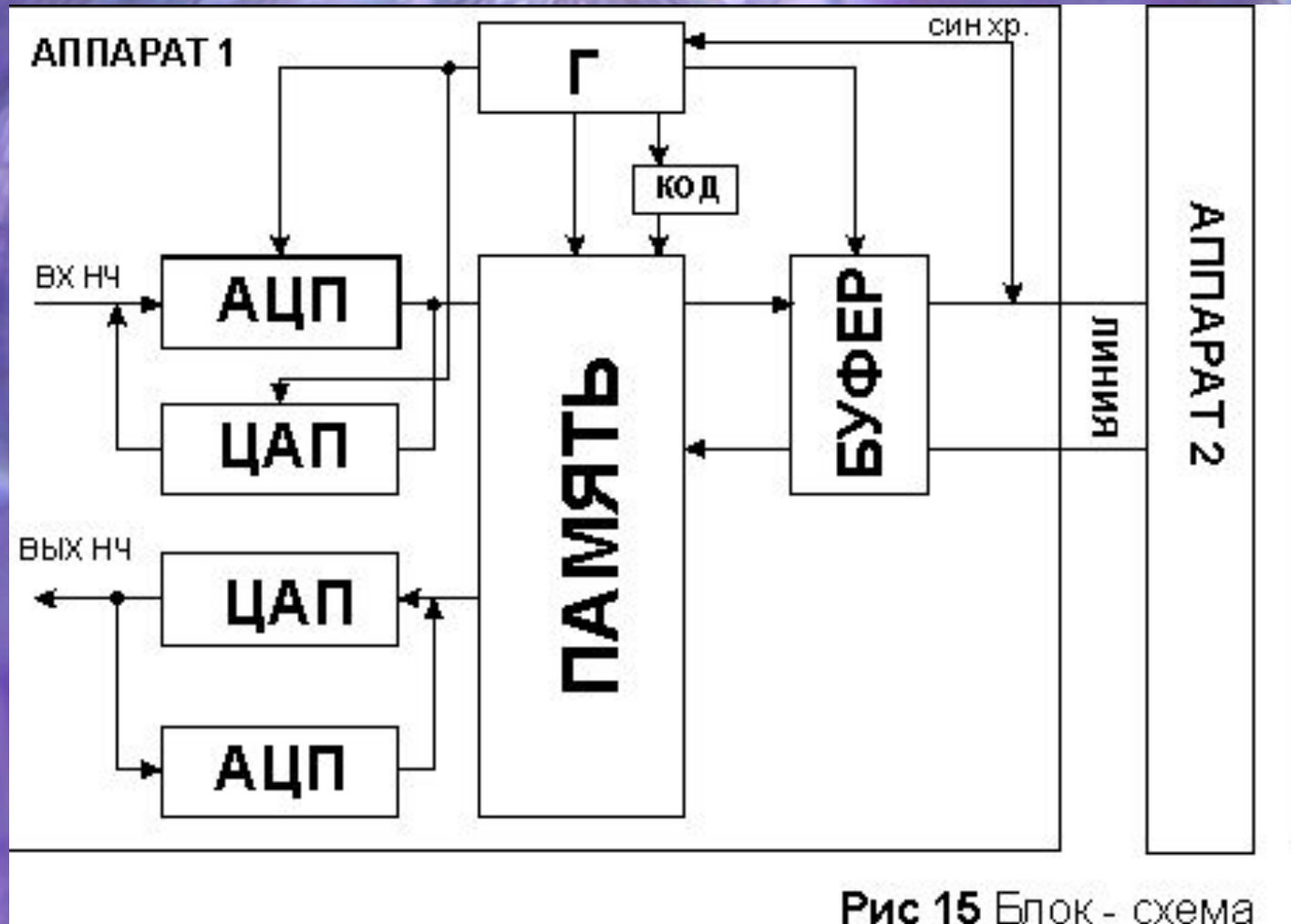
# Виды графических моделей

- Карта мышления (Mind-map)
- Блок-схема (Block diagram)
- Диаграммы причинности (CLD)
- Граф (Plex)
- Карта холонов (Multiplex)
- ... Список можно продолжить

# Карта мышления



# Блок-схема



# Causal loop diagram

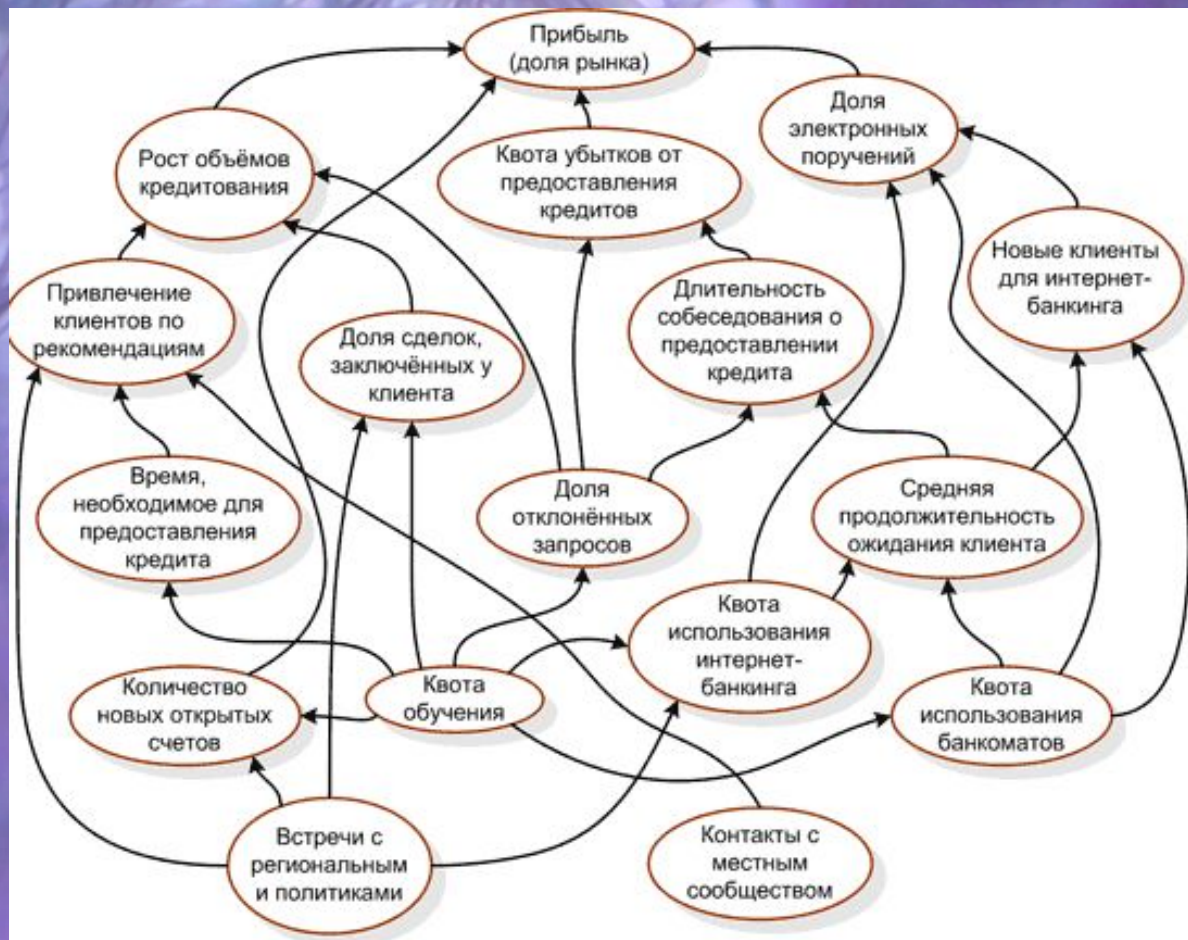


Рис. 2. Причинно-следственные связи в ССП на примере регионального банка (по материалам: H.R. Friedtag, W. Schmidt. Balanced Scorecard – Mehr als ein Kennzahlensystem. – Haufe Mediengruppe, Freiburg-Berlin-Munchen, 2002)

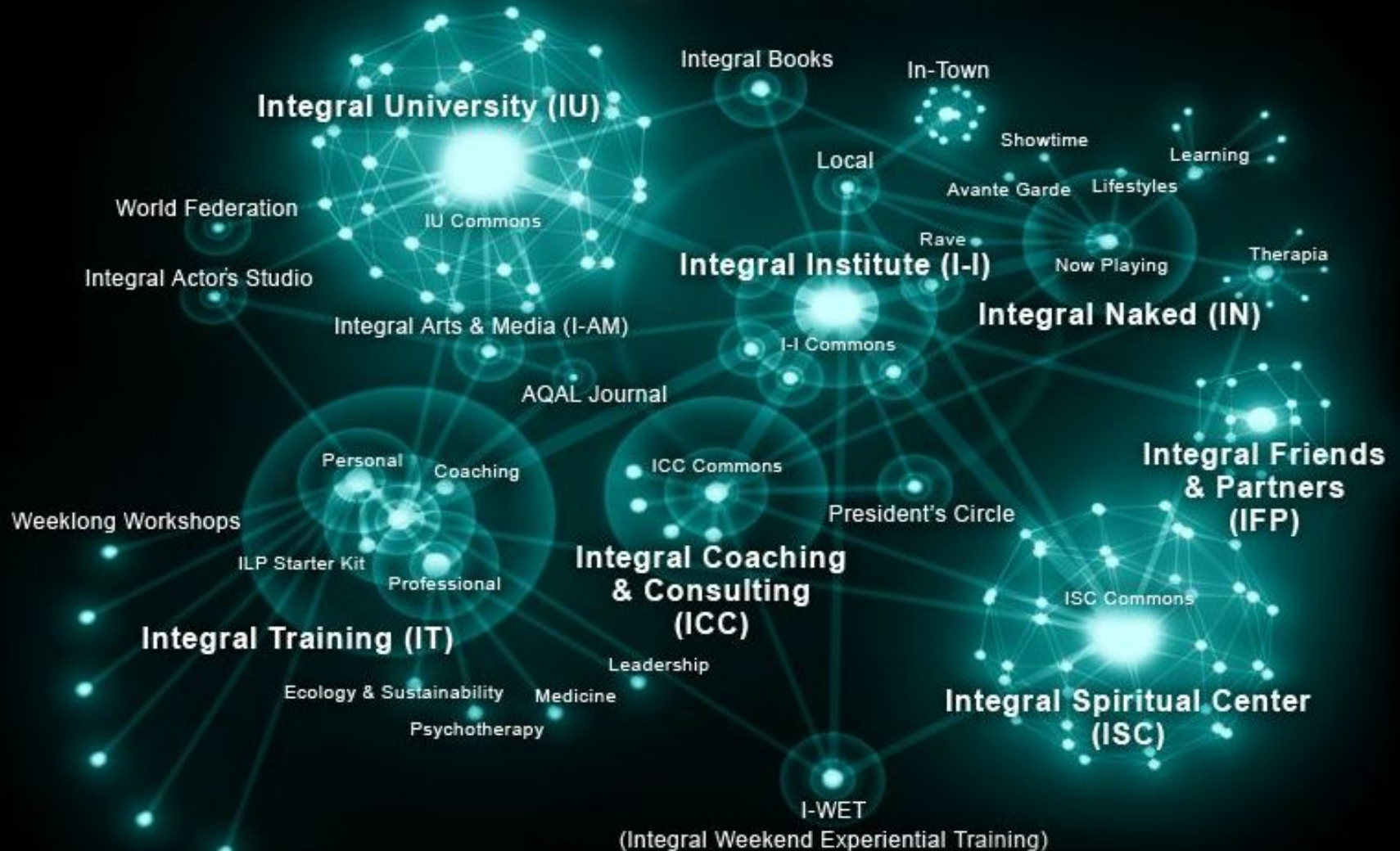
# Causal loop diagram



# Граф (Plex)

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window displaying the website <http://www.thebrain.com/>. The browser's address bar and menu bar are visible at the top. The main content area features a blue background with a central mind map diagram. The central node is labeled "Support" and is highlighted with a black background. Lines radiate from this central node to various peripheral nodes, including "Personal Solutions", "FAQ", "Feedback", "User Guide", "Glossary", "Technical Support", "What's New", "Download", "Purchase", "Testimonials", and "Tutorials". The "THE BRAIN" logo is in the top left, and "Home" and "About Us" links are in the top right. A search bar is located at the bottom left. At the bottom of the page, the text "PERSONAL BRAIN Support" is displayed.

# The Integral Multiplex





# Что было использовано?

- Иерархии-гетерархии-холархии
- Отношения причины-следствия
- Отношения влияния

# Что НЕ было использовано?

- Паттерны/фракталы
- Резонанс
- Аттракторы
- Точки бифуркации :)

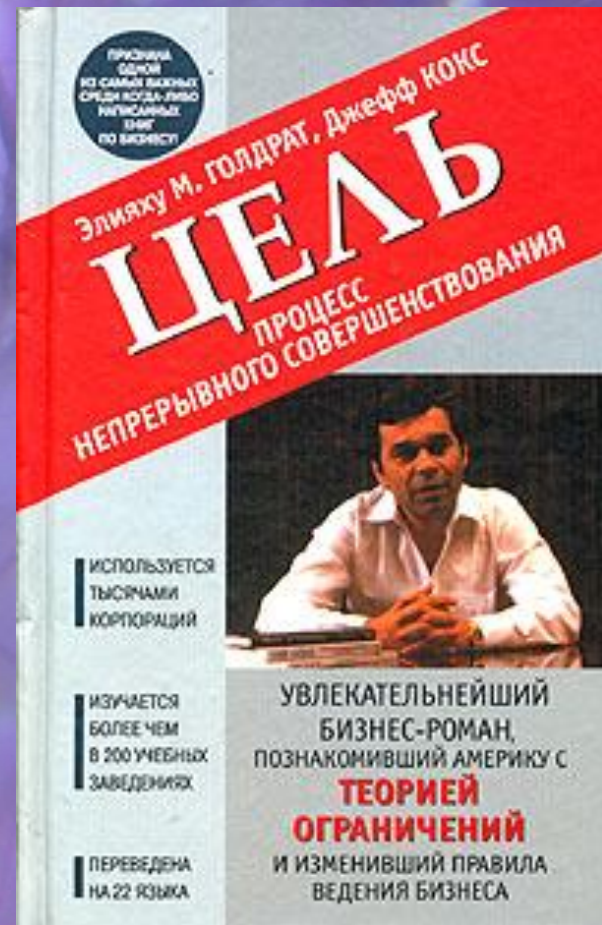
# Теория ограничений

[www.newcode.ru](http://www.newcode.ru)

# Элияху Голдратт

(род. 1948)

физик и бизнес-консультант,  
автор теории ограничений



# Вопросы ТОС

- 1) Что менять?
- 2) На что менять?
- 3) Как создать изменения?

# Аксиомы ТОС

- 1) У организации есть цель.
- 2) Организация – больше чем просто сумма частей.
- 3) Производительность организации ограничена очень небольшим количеством переменных.

# 5 (пять) фокусирующих шагов

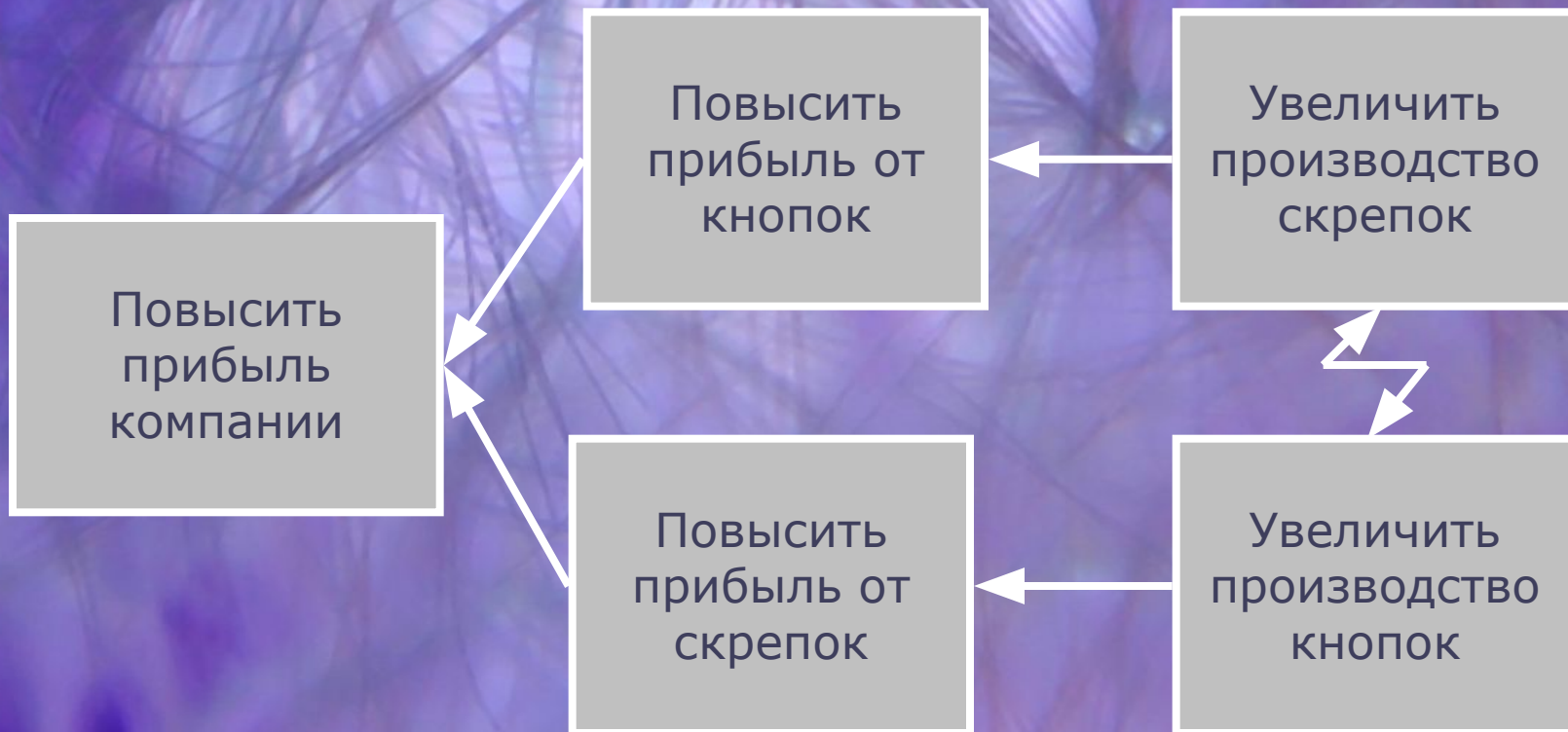
- 1) Найдите ограничение системы;
- 2) Решите, как его использовать с максимальной отдачей;
- 3) Подчините этому решению работу всех остальных элементов;
- 4) Уберите ограничение системы;
- 5) Если ограничение устранено, возвращайтесь к шагу 1.

# Инструменты ТОС

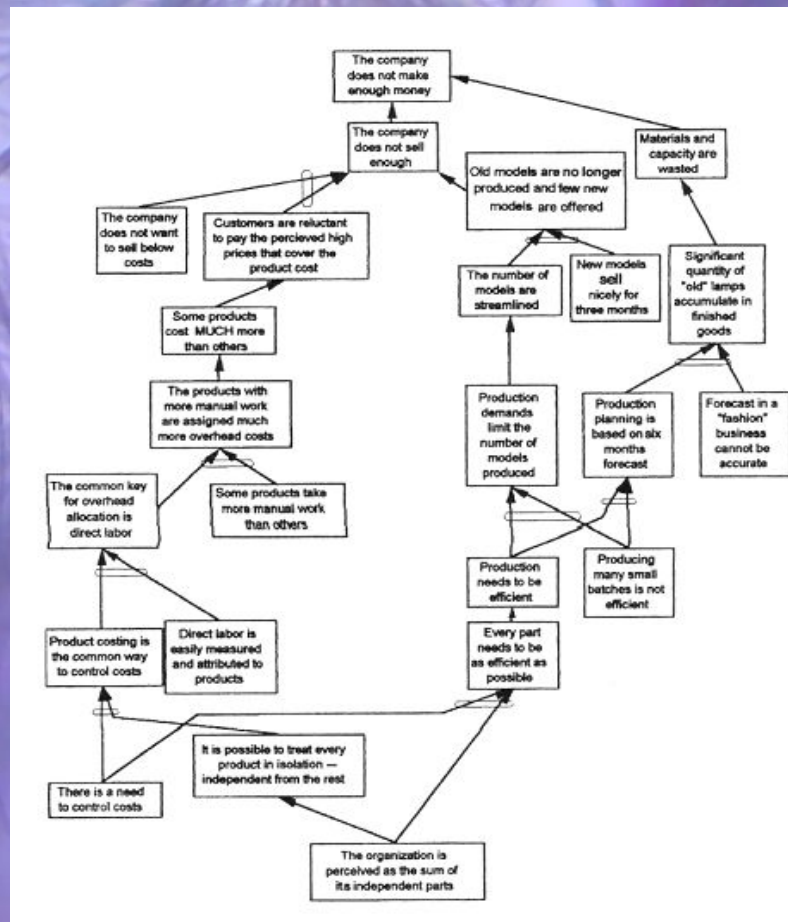
- «Облако» (Evaporating cloud)
- Дерево текущей реальности (Current reality tree)
- Дерево будущей реальности (Future reality tree)
- Дерево *того-сего-пятого-десятого* (их там еще много)



# «Облако»



# «Дерево реальности»



(я знаю, ничего не видно, но суть ясна)

Спасибо, это все.

**Алексей Каптерев**

**[alexei@newcode.ru](mailto:alexei@newcode.ru)**

[www.newcode.ru](http://www.newcode.ru)