



Теория систем и системное мышление

Алексей Каптерев

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

Двойственнос
ть

Двойственность
+
недвойственност
ь

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

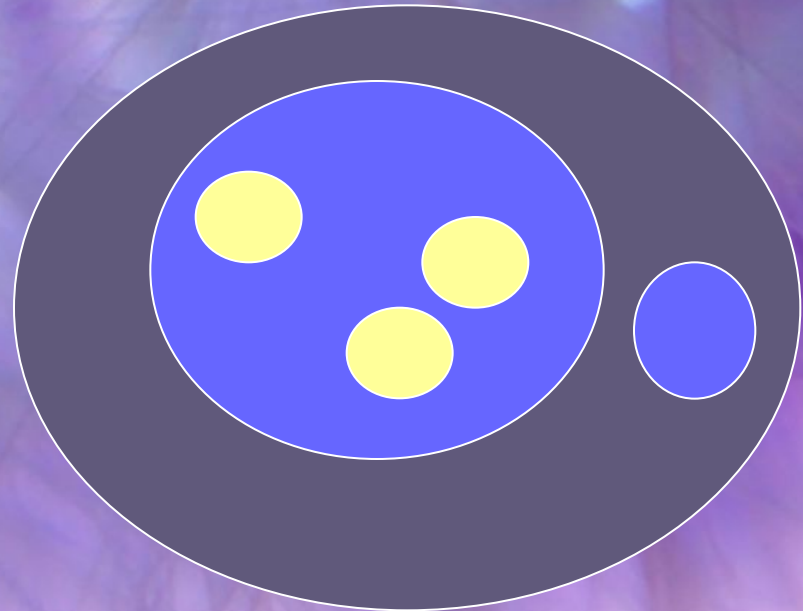
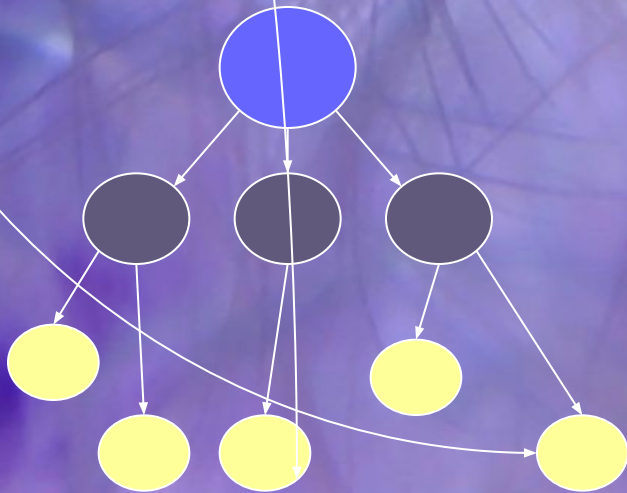
- закон сохранения
- законы иерархии
 - целей - распределение на подцели
 - систем - распределение подцелей между подсистемами и подчиненность подсистем
- закон причинно-следственных ограничений (детерминизм действий систем)

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.

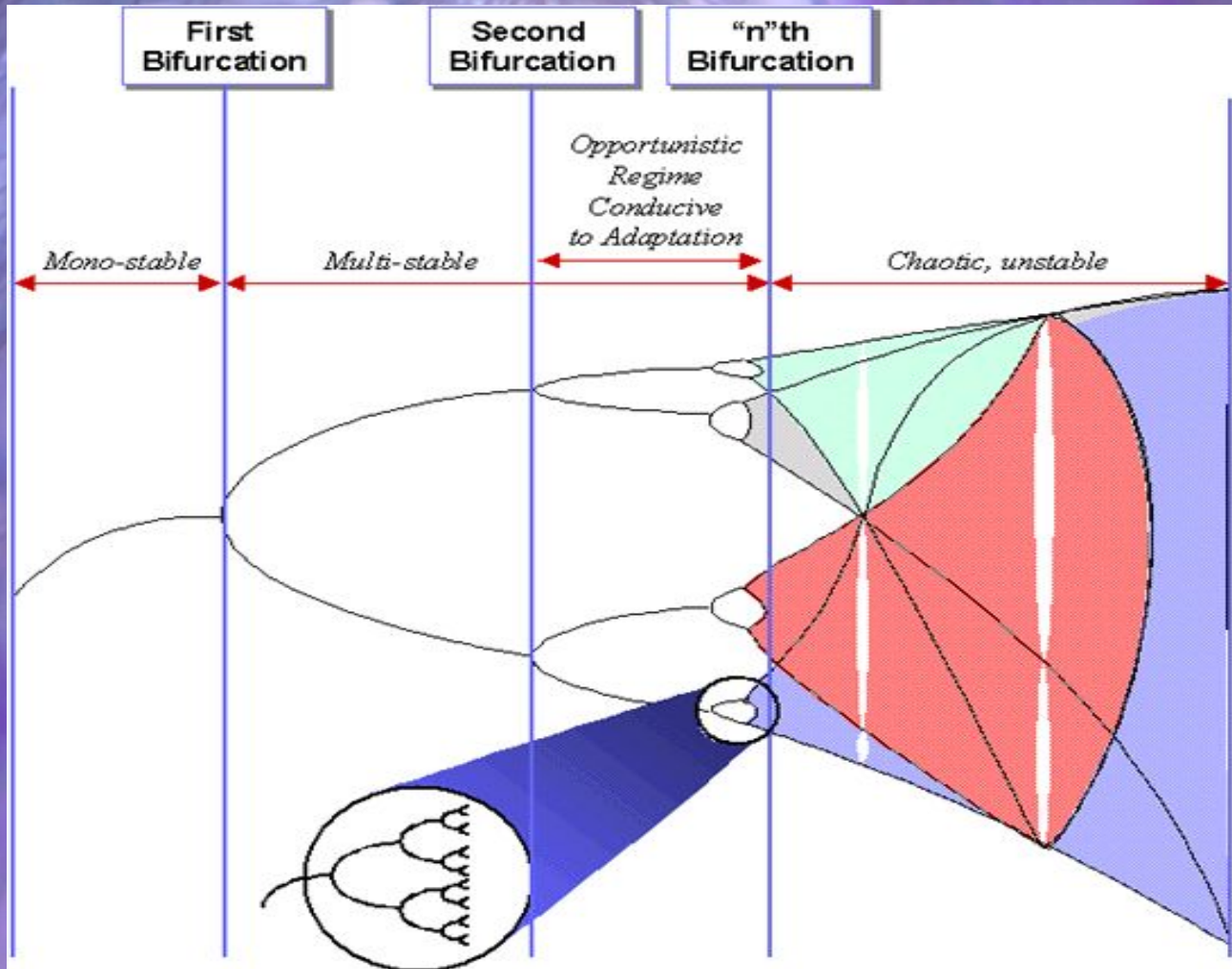
– Джон Белл, 1975

(цитата не точна, но смысл примерно передает)

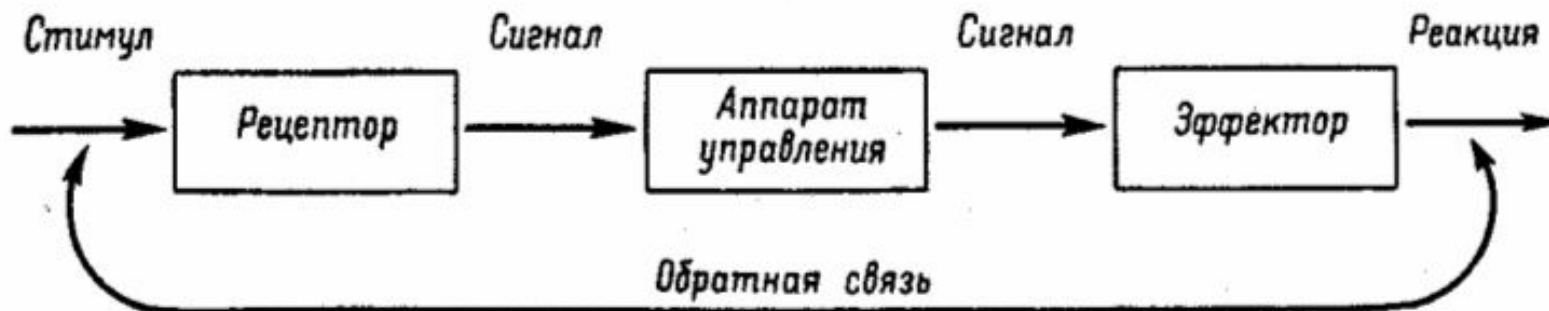
Будущее открыто и
непредсказуемо, но **не**
произвольно.

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

Точки бифуркации

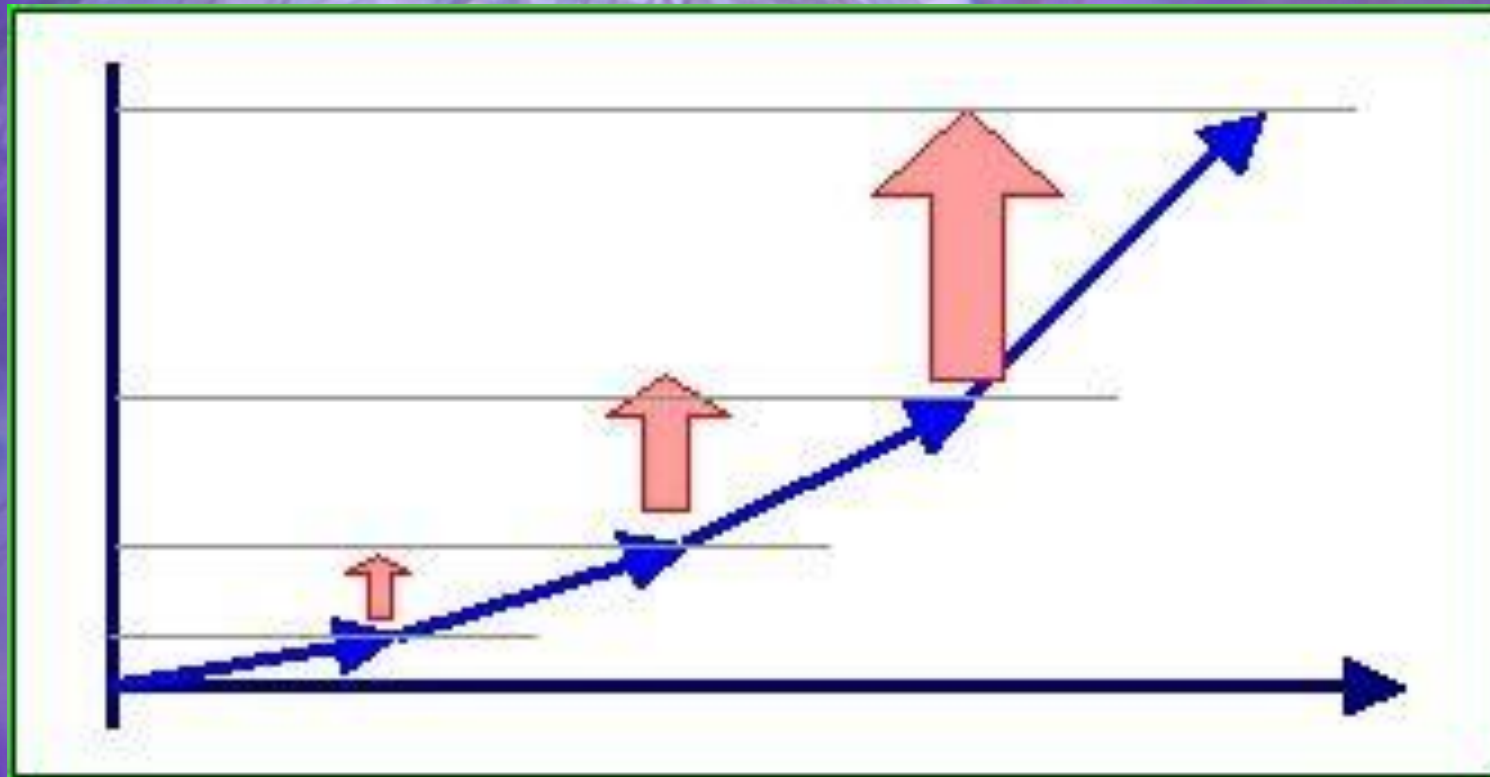


Простая обратная связь

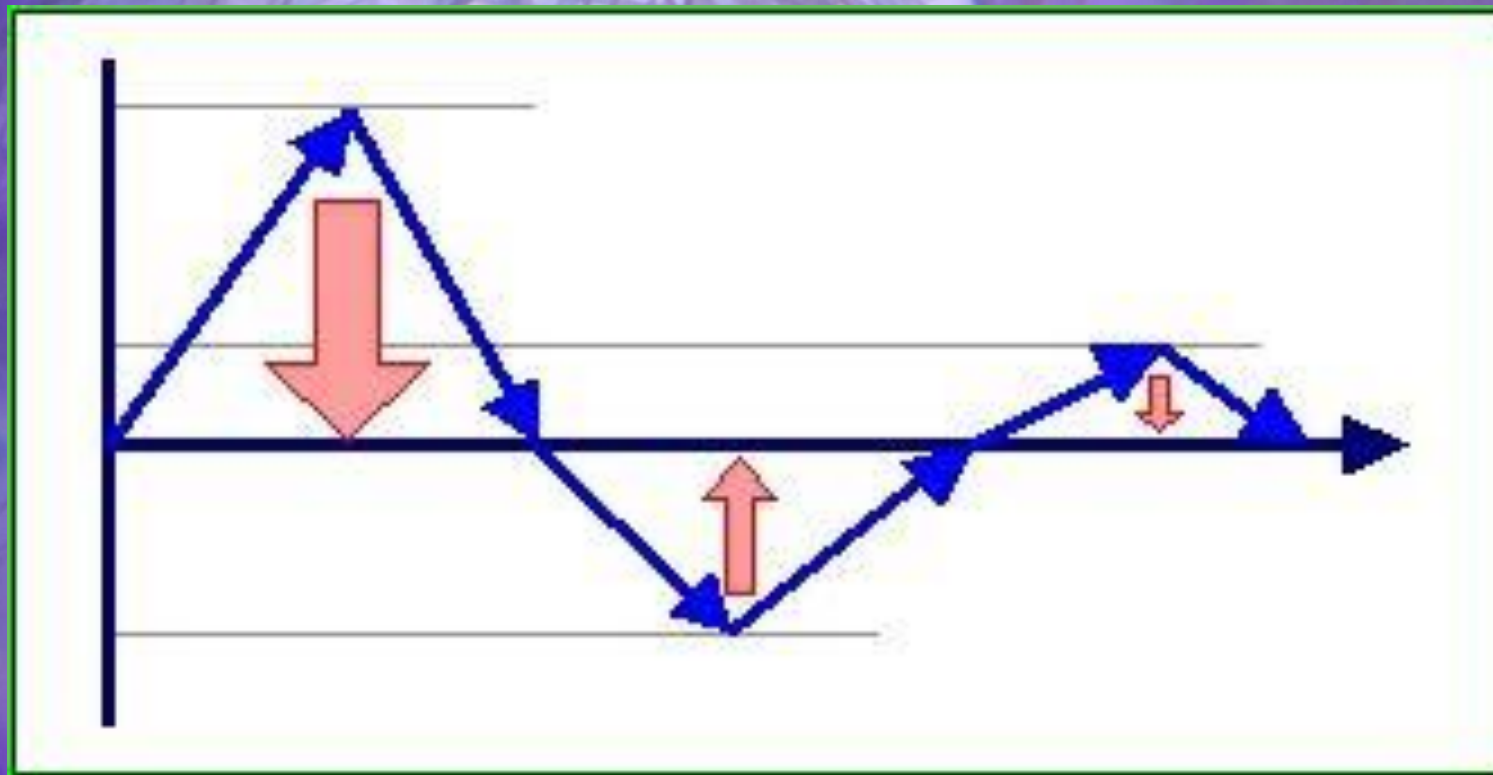


Р и с. 1. Модель простой обратной связи.

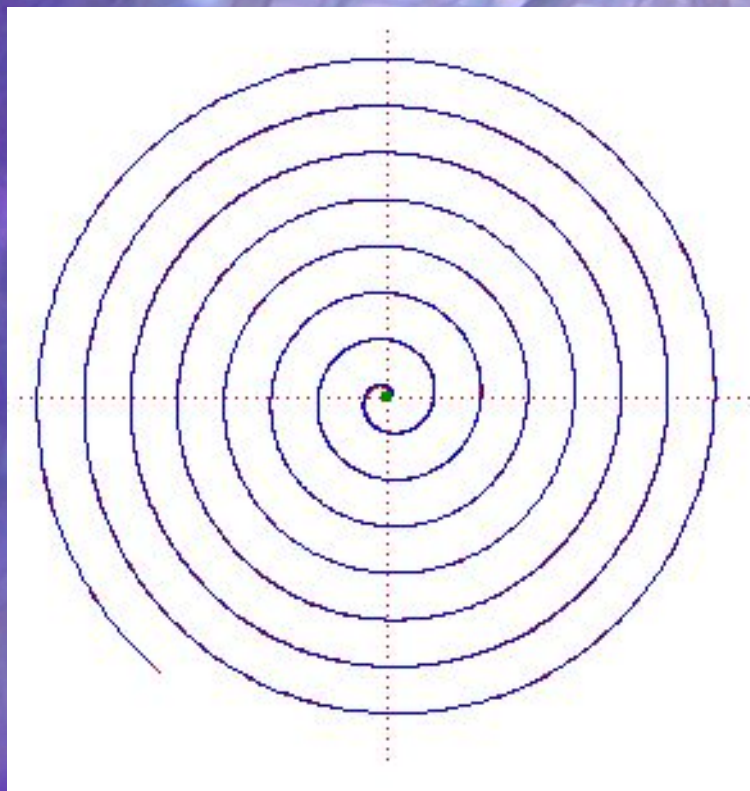
Поддерживающая ОС



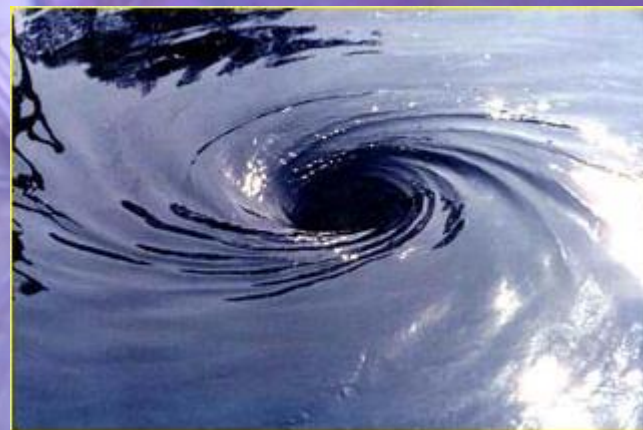
Компенсирующая ОС



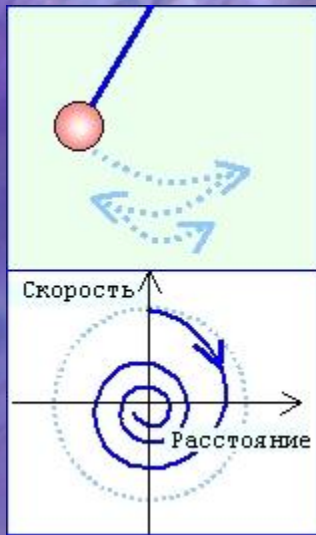
Эволюция системы



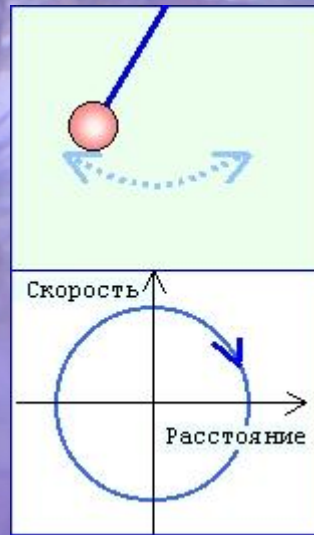
Спираль Архимеда



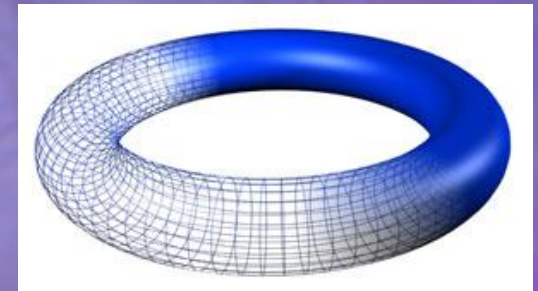
Простые аттракторы



Точка

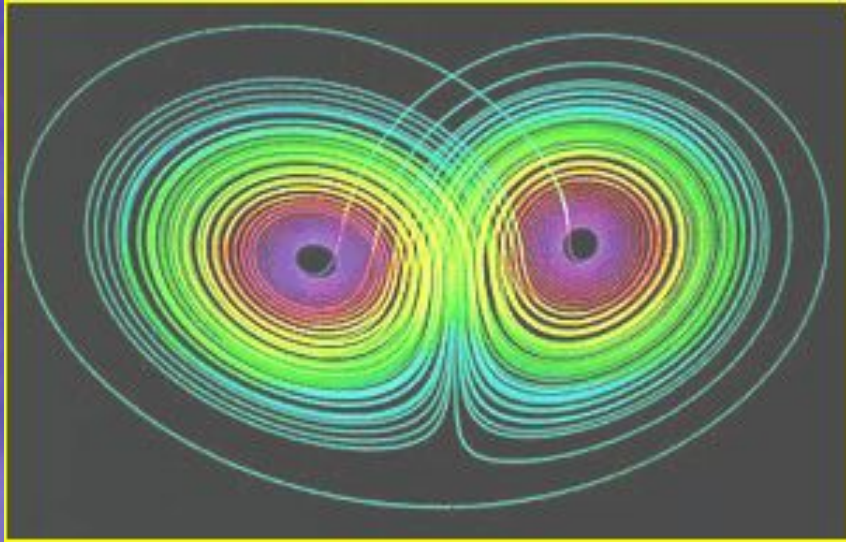


Предельный
цикл

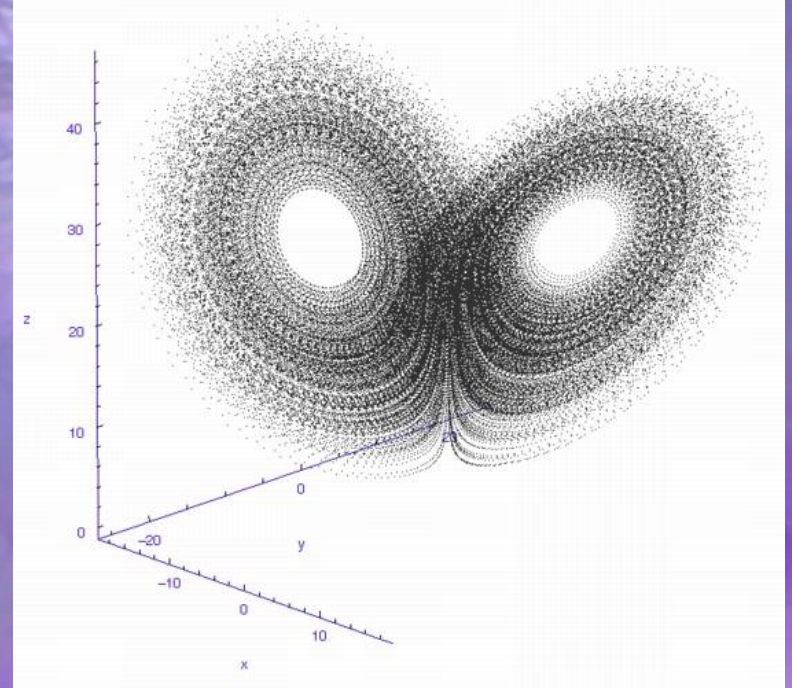


Тор

Странные аттракторы



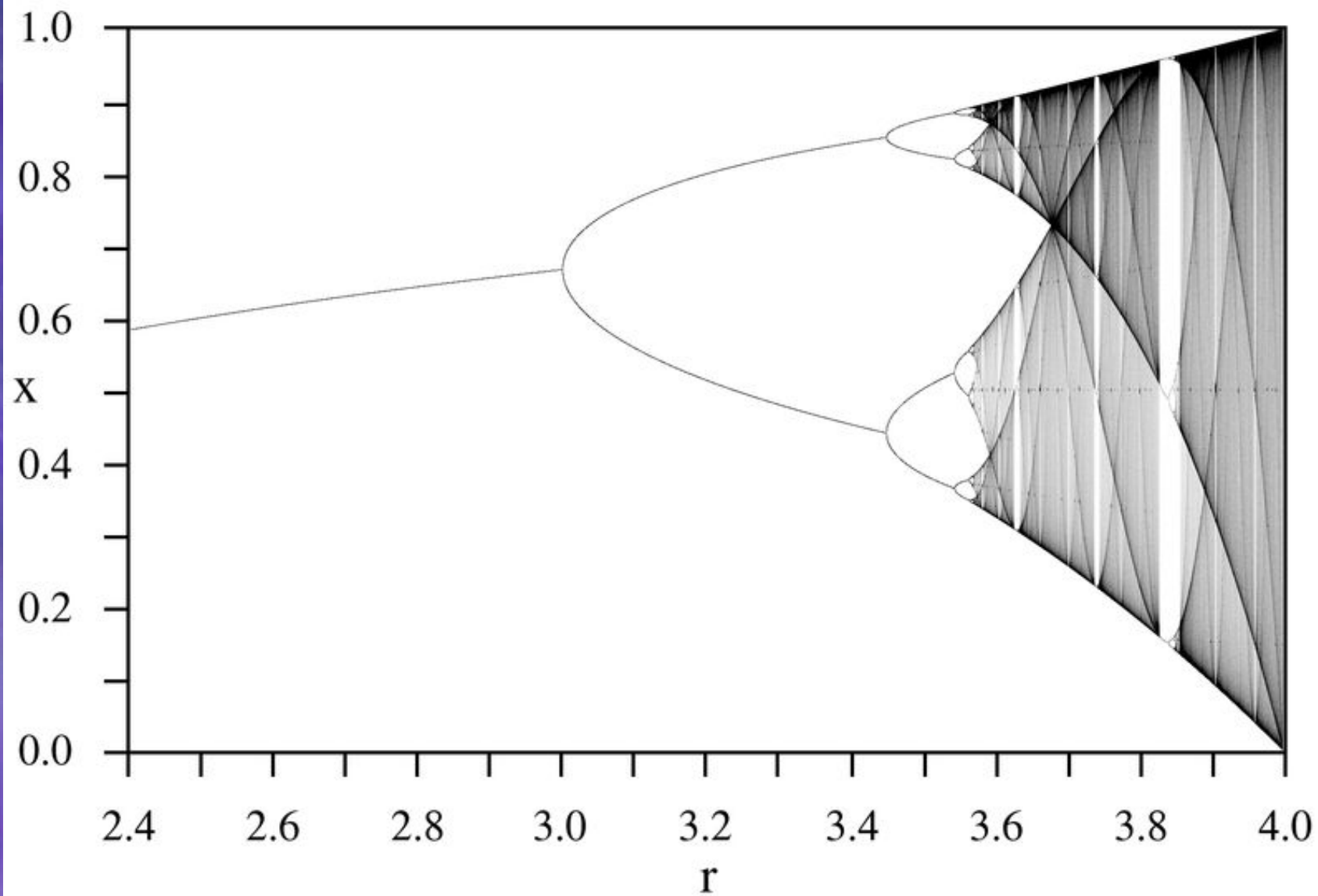
Аттрактор
Лоренца



Он же в 3-D

Теория хаоса

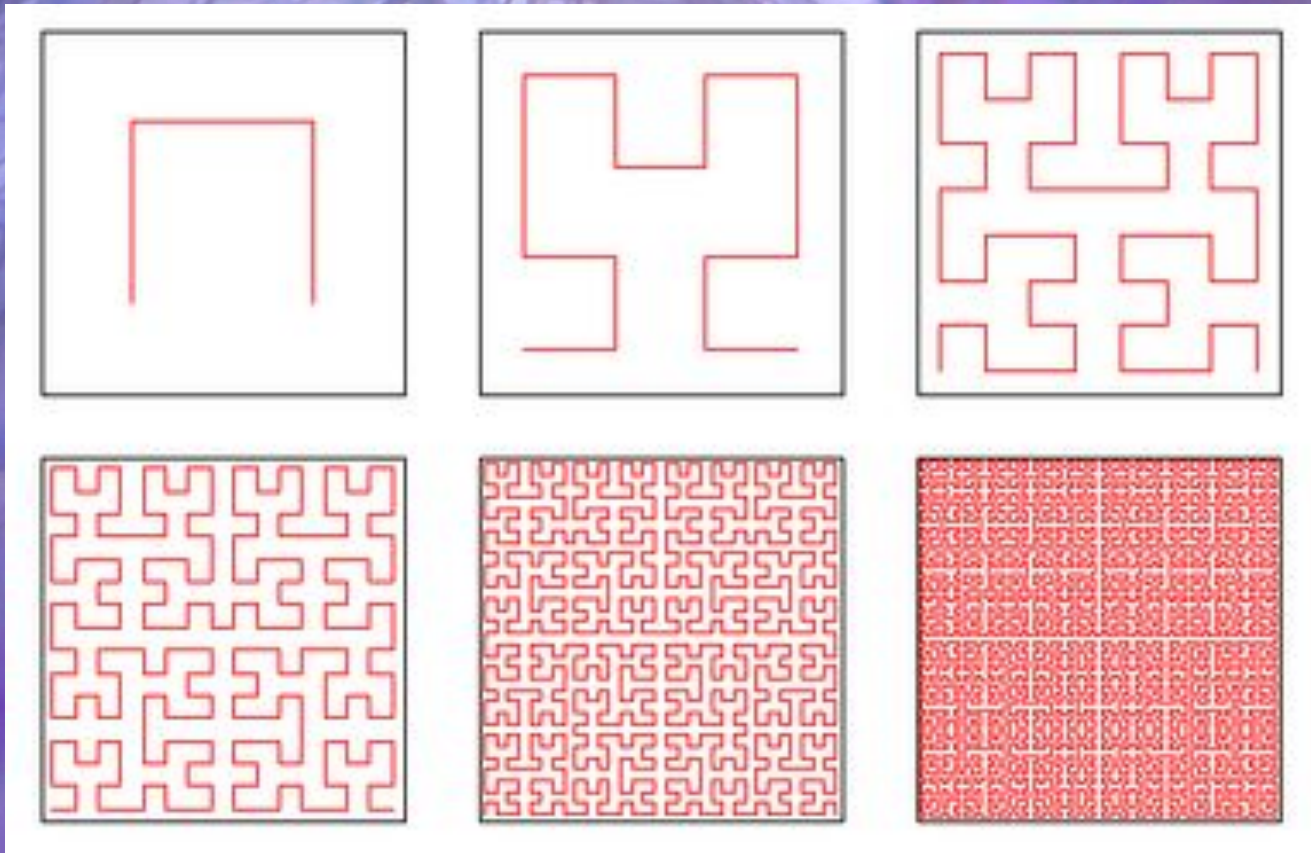
Хаос – поведение, возникающее в сложных, нелинейных, динамических системах.



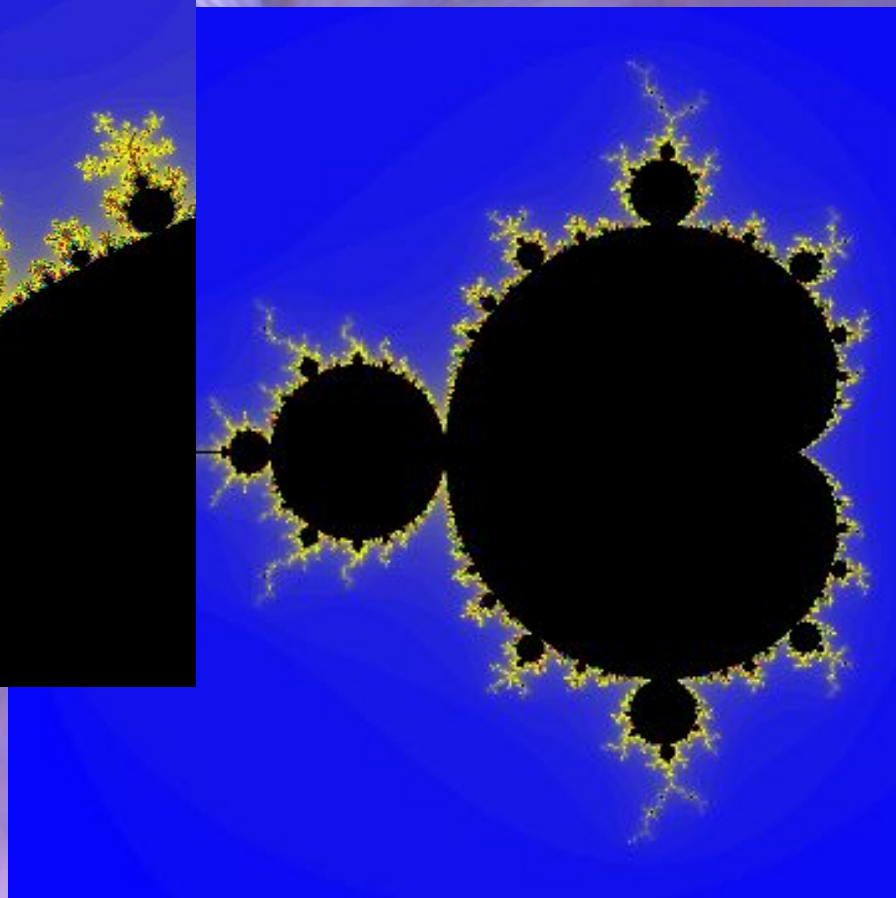
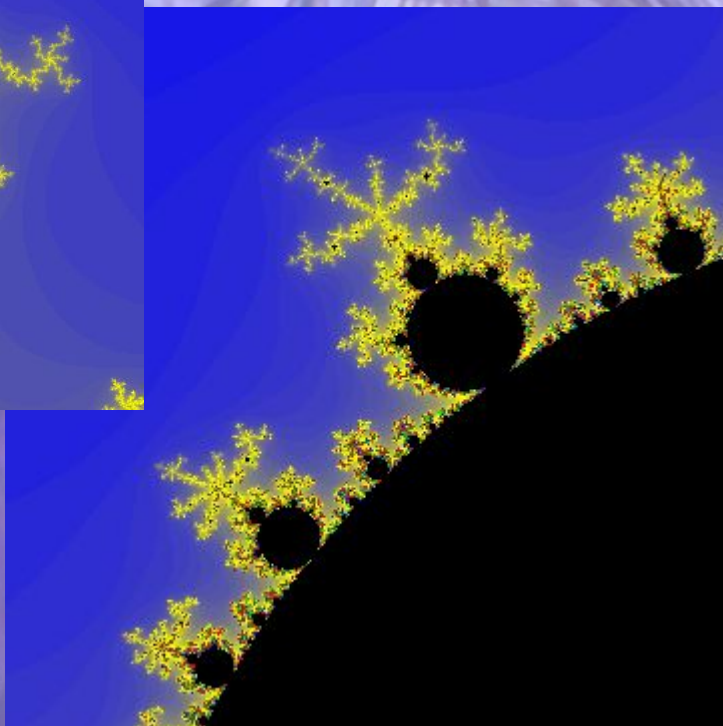
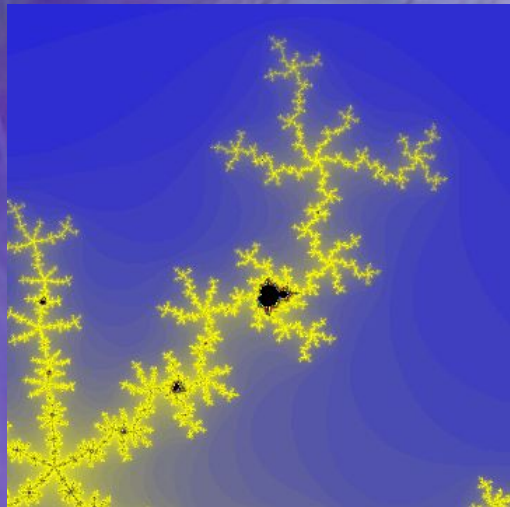
Паттерны

Паттерн – устойчивый,
повторяющийся элемент системы.

Кривая Хуберта

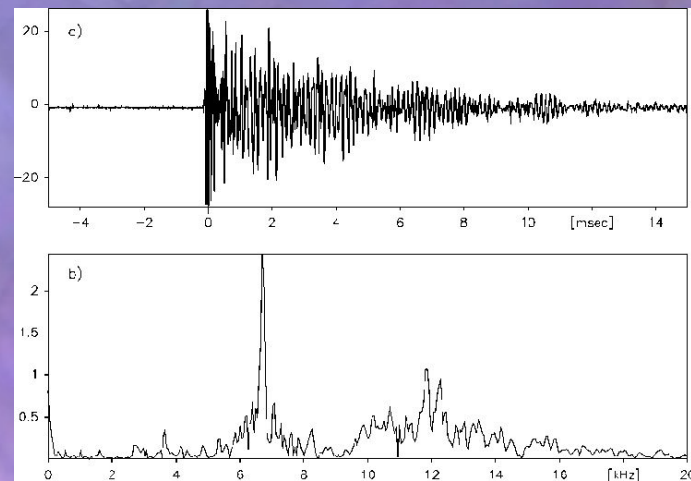


Фрактал Мандельброта



Резонанс

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



Примеры резонанса

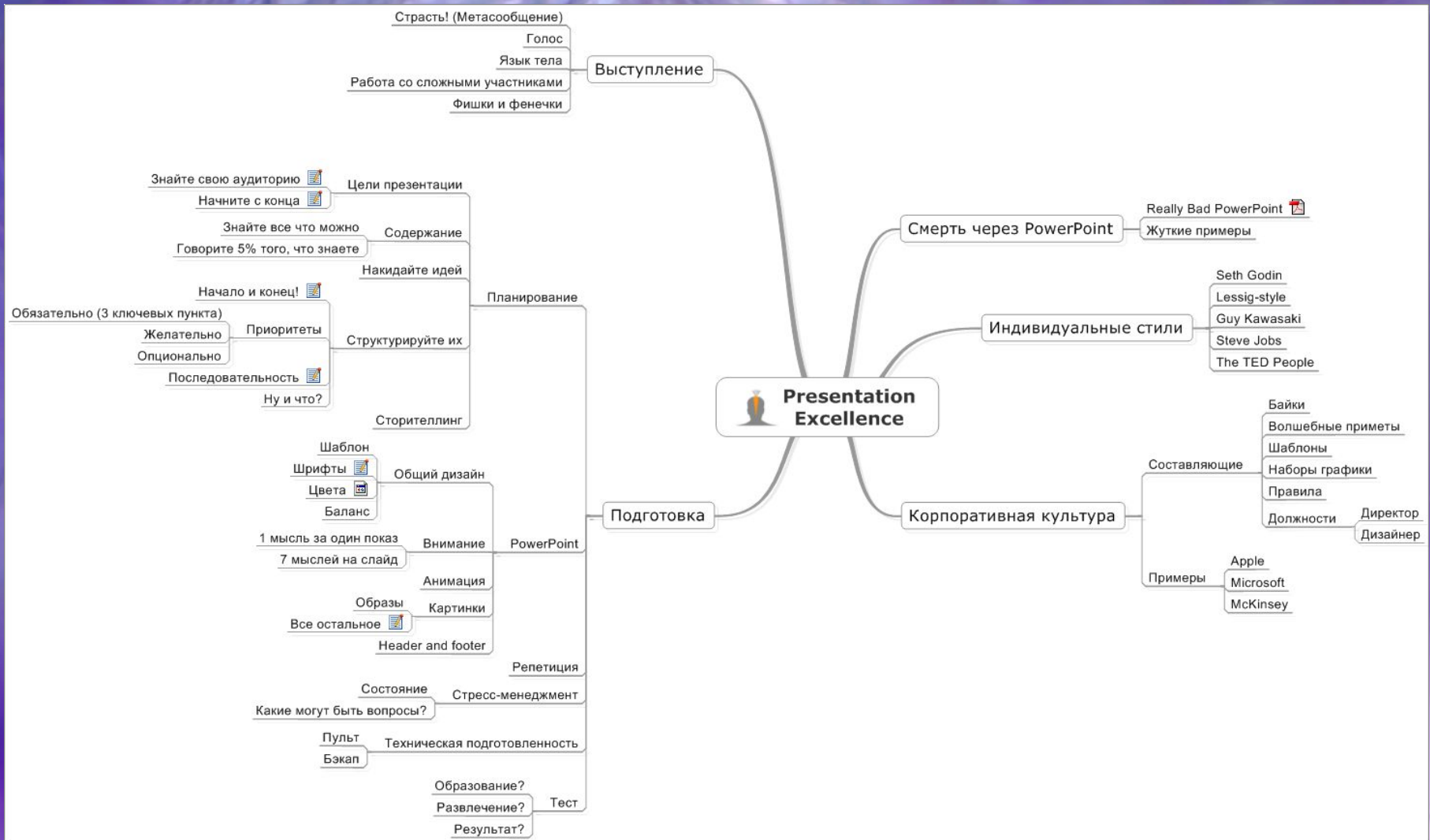
Моделирование

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

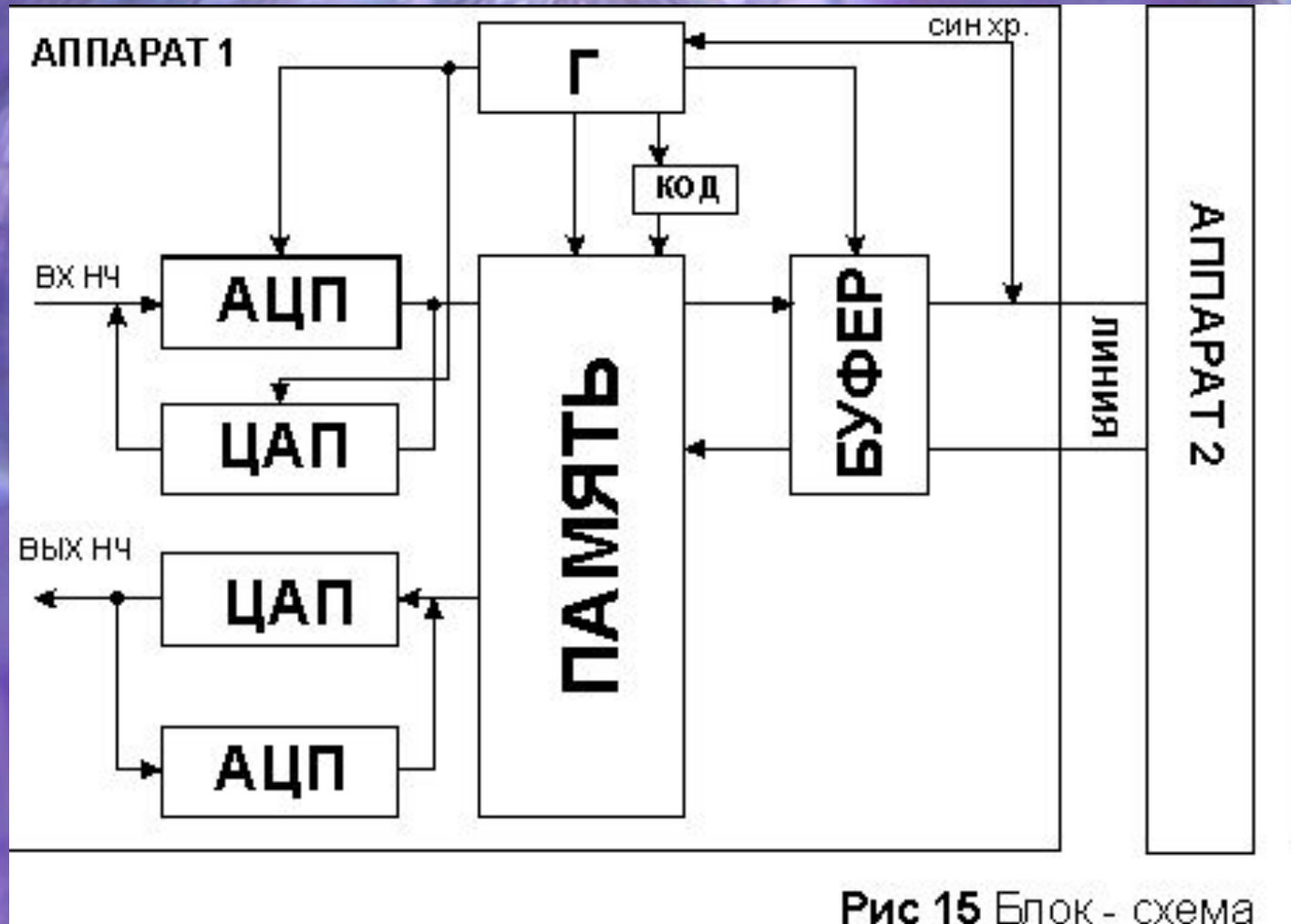
Виды графических моделей

- 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

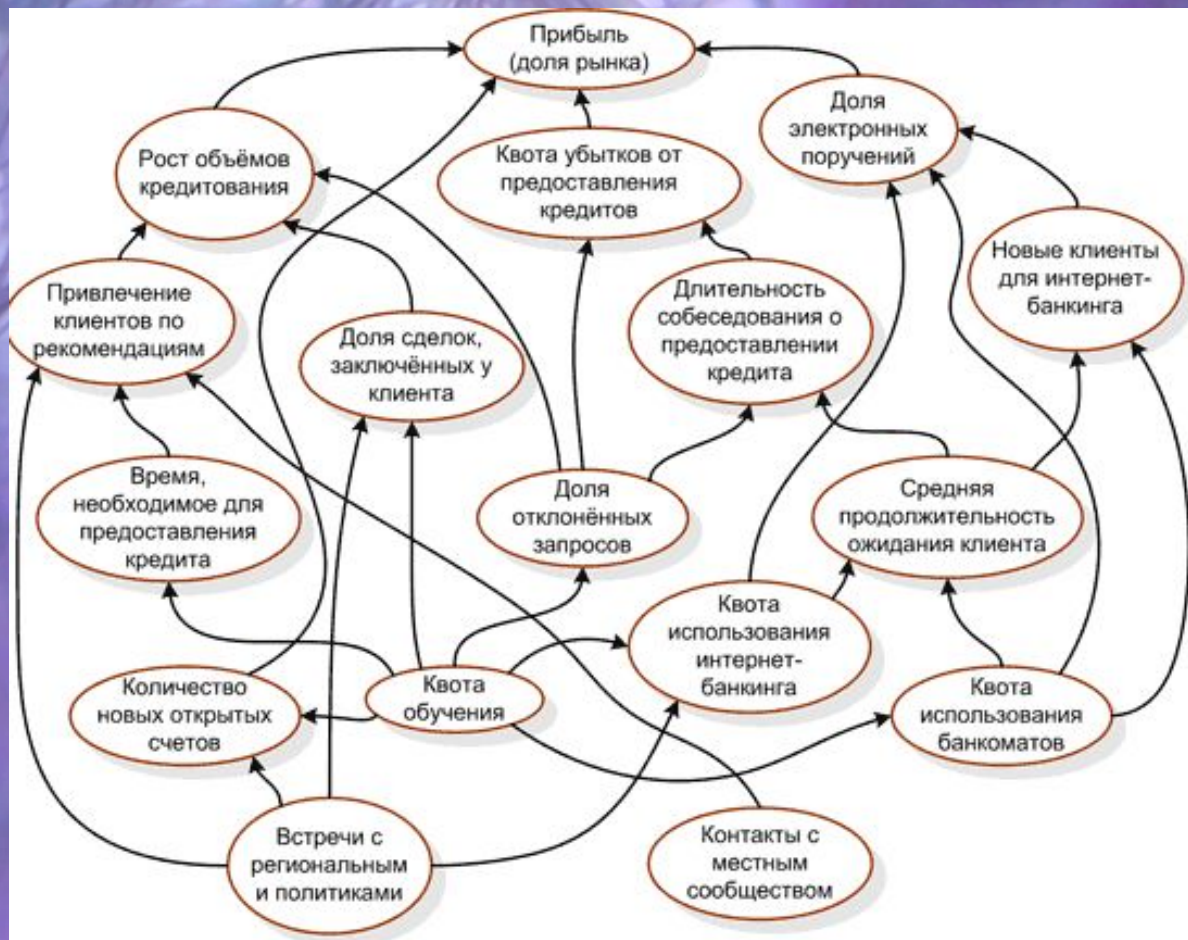


Рис. 2. Причинно-следственные связи в ССП на примере регионального банка (по материалам: H.R. Friedtag, W. Schmidt. Balanced Scorecard – Mehr als ein Kennzahlensystem. – Haufe Mediengruppe, Freiburg-Berlin-München, 2002)

Causal loop diagram



Граф (Plex)

TheBrain - Dynamic Mind Mapping and Knowledge Management Software for Everyone. - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Back Forward Stop Refresh Home Search Favorites Recycle Mail Print TV H Share

Address <http://www.thebrain.com/>

THEBRAIN Home About Us

Personal Solutions

Support

Download
Purchase
Testimonials
Tutorials

FAQ
Feedback

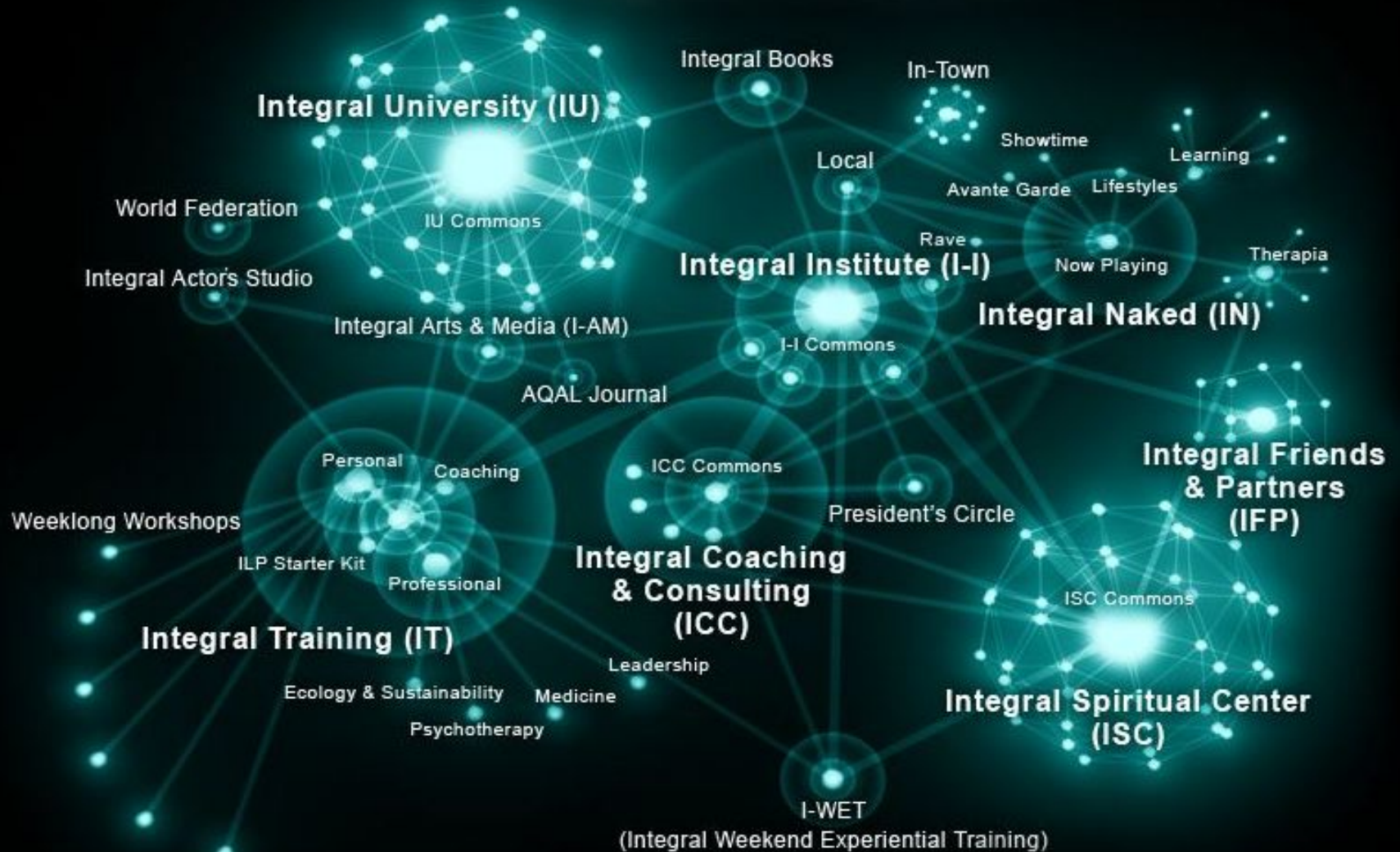
User Guide
Glossary

Technical Support
What's New

Search

PERSONAL BRAIN Support

The Integral Multiplex



Что было использовано?

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

Что НЕ было использовано?

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

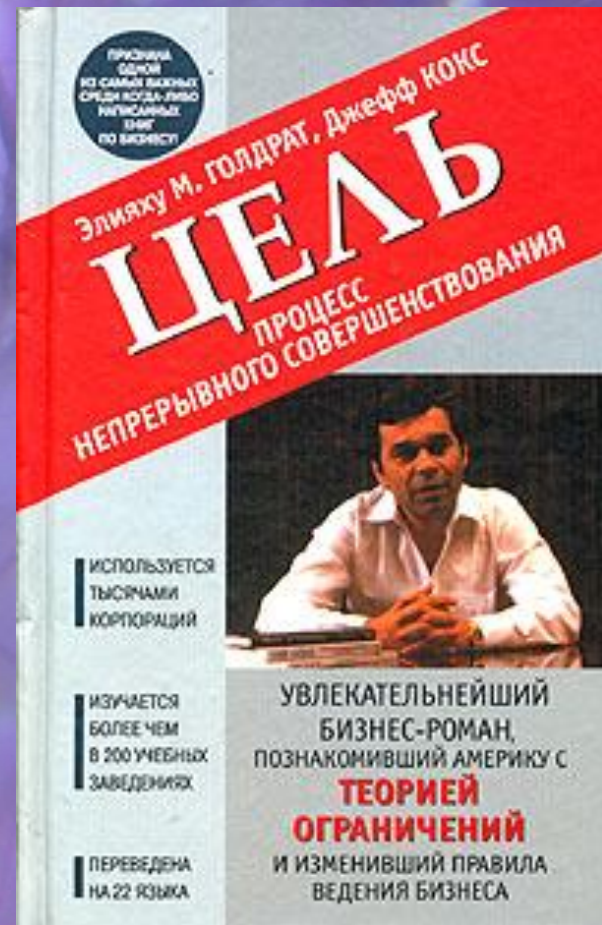
Теория ограничений

www.newcode.ru

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.

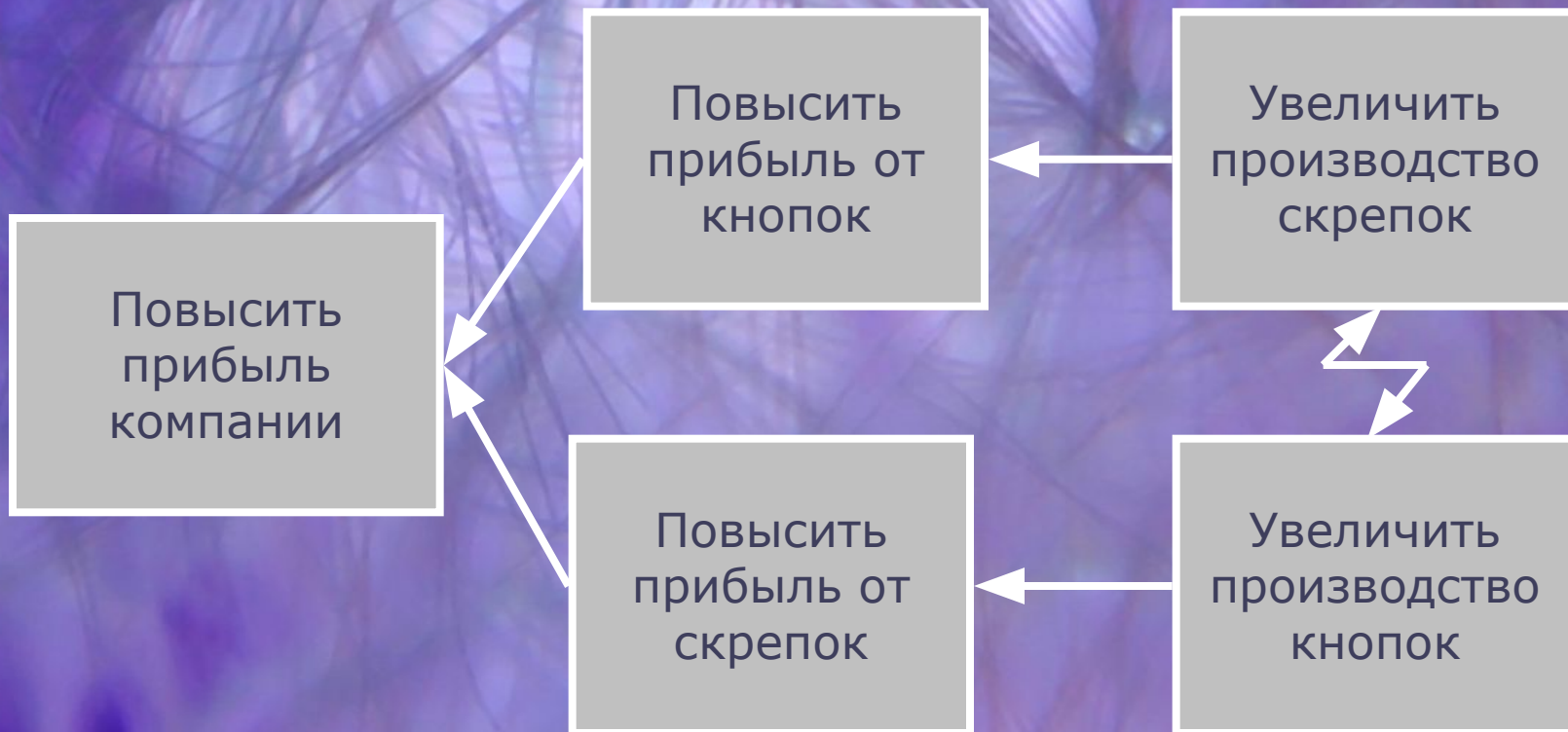
5 (пять) фокусирующих шагов

- 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.

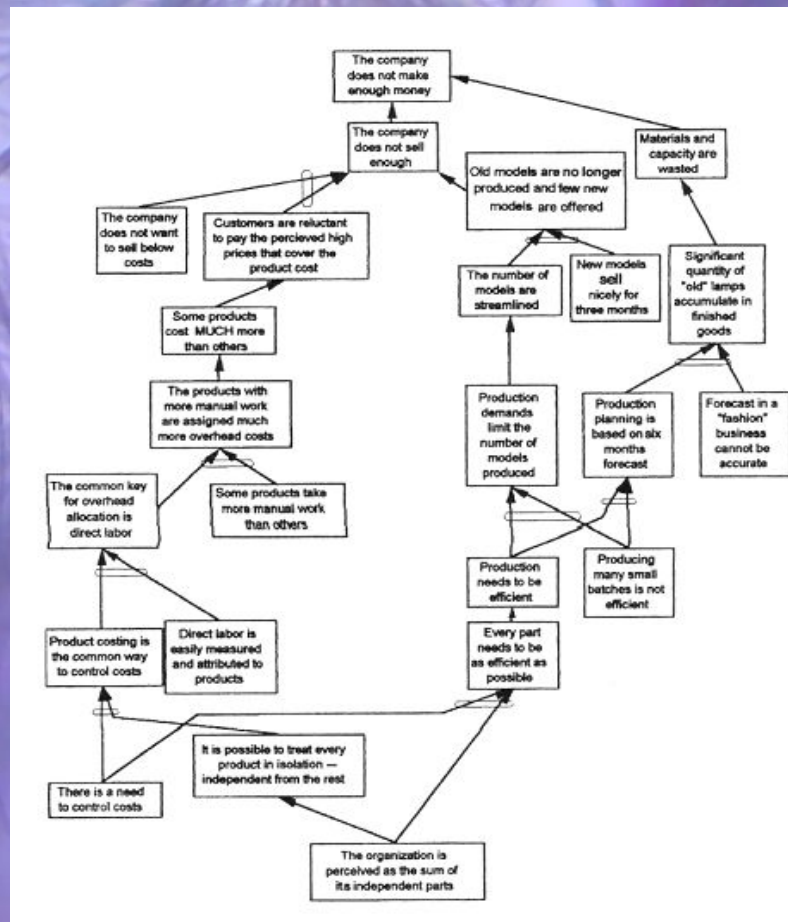
Инструменты ТОС

- «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

www.newcode.ru