

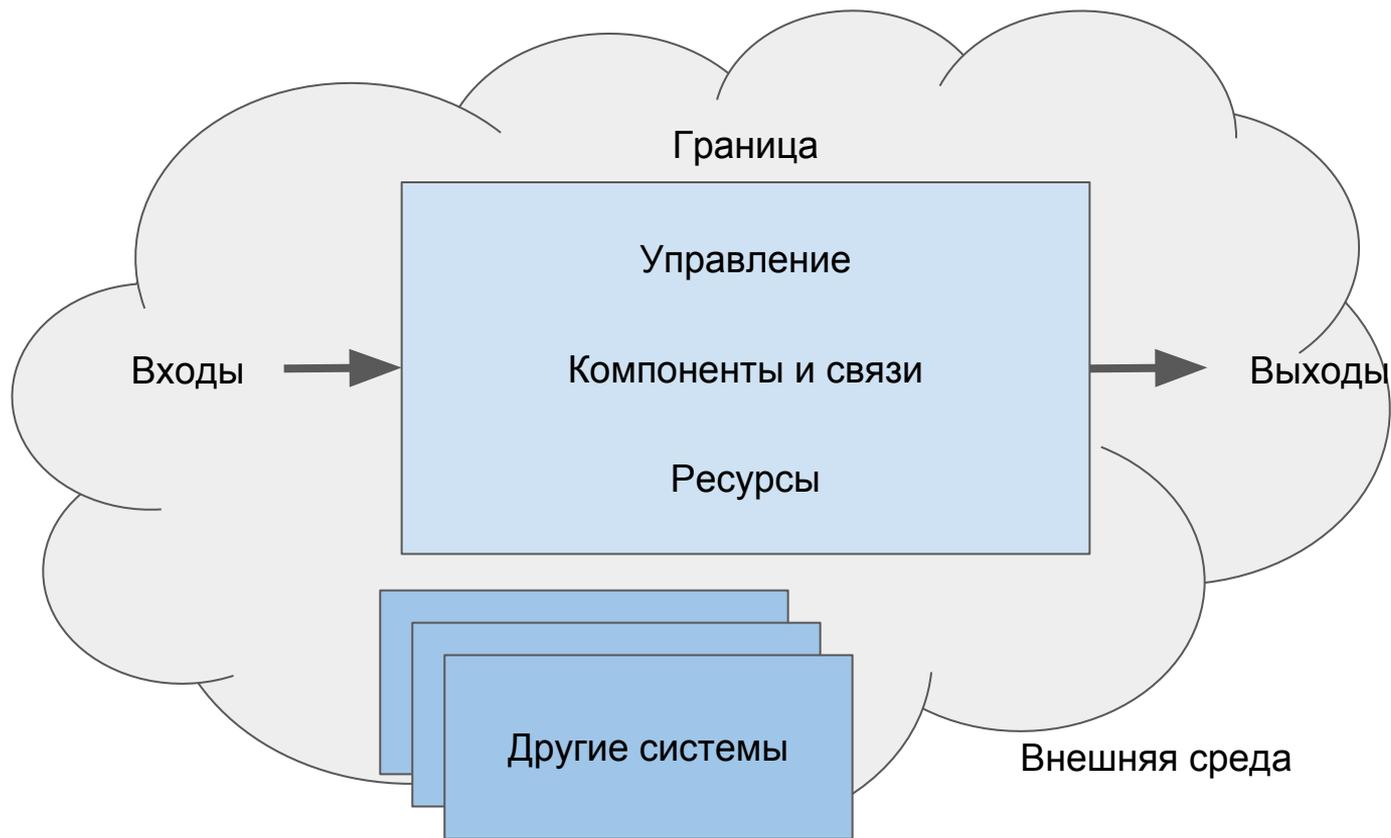
Системный анализ

Лекции 7, 8

Программа на сегодня

- Принципы систем
- Системные архетипы
- Точки воздействия на системы

Система



Принципы систем

Структура

Поведение

Система

Взаимодействие

Принципы систем: структура

- Целостность
- Открытость
- Отграниченность
 - У системы есть граница, отделяющая ее от внешнего мира (системные компоненты взаимодействуют внутри границ, но при этом возможен обмен с внешним миром)
 - Внутренние части и их взаимодействие должны быть спрятаны от внешней среды (инкапсуляция)
- Структурированность и иерархичность
- Сетевидность и взаимосвязанность элементов
 - Структурные (динамические и статические), для интегративного свойства важны динамические
 - При образовании связи выделяется энергия
 - Системные и несистемные звенья, избыточные звенья

Принципы систем: поведение

- Наличие входов (стимулов) и выходов (функций)
- Эквивиональность
 - В открытых системах одно и то же состояние может быть достигнуто из различных начальных состояний и различными способами
- Изменчивость во времени
 - Изменения необходимы для роста и адаптации, они являются частью естественного порядка вещей, не должны быть игнорированы или запрещены
- Существование в изменяющейся среде
- Скачкообразное изменение состояний
 - Принцип Ле Шателье -- система стремится измениться таким образом, чтобы свести к минимуму эффект внешнего воздействия
 - Гомеостаз и гомеокинез

Принципы систем: поведение

- Увеличение энтропии, постепенная деградация структур
 - Для поддержания структуры нужно постоянно приводить энергию
- Контуры обратной связи, задержки во времени, побочные эффекты
 - Однонаправленное воздействие невозможно
 - Воздействия не передаются мгновенно
- Антагонистические пары
 - Пушки и масло
 - Прочность и гибкость
 - Универсальность и специализация
 - Надежность и безопасность

Принципы систем: система

- Эмерджентность
- Холизм
 - Система должна рассматриваться как единое целое, а не по частям
- Неразделимость на части
- Согласованность с внешней средой (ингерентность)
- Необходимость управления / эффективность, управление как распределение ресурсов
 - Если системе нужно несколько ресурсов, то соотношение их должно быть таким, что суммарная полезность была максимальной
 - При проектировании нужно ориентироваться на цели и ценности заказчиков
- Только стационарные системы могут быть устойчивы неограниченное время

Принципы систем: взаимодействие

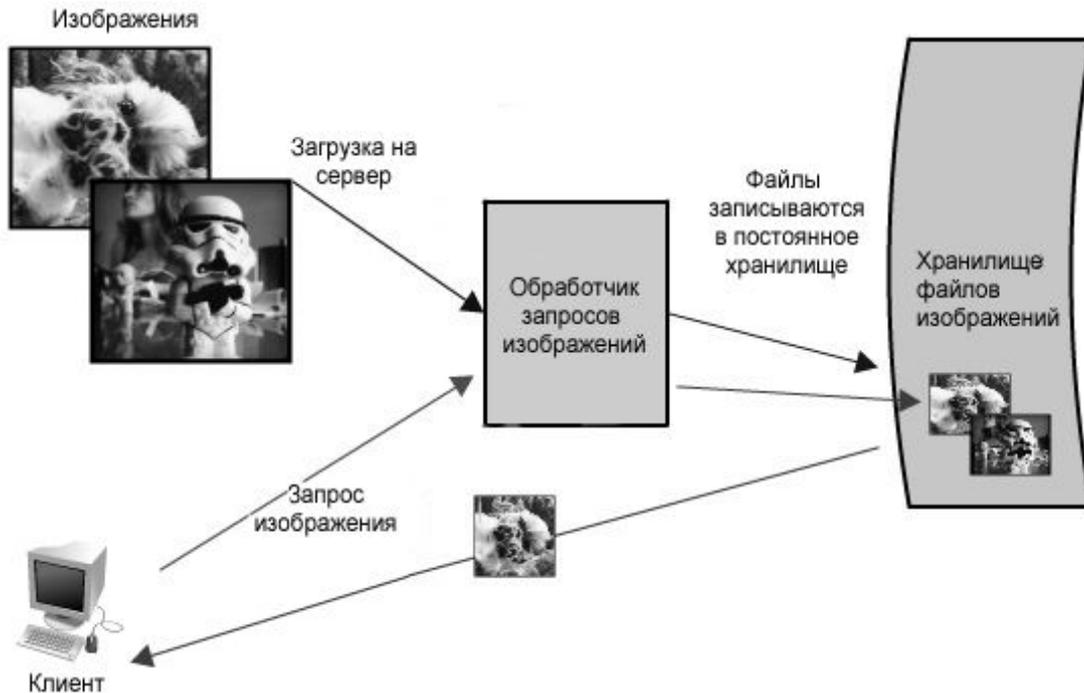
- Абстрагирование
 - Фокусирование на характеристиках, существенных для решения проблемы (и отбрасывание несущественных)
- Модульность
 - Несвязанные части системы должны быть разъединены, а связанные, наоборот, сгруппированы
- Рассмотрение различных аспектов
- Разделяй и властвуй
 - Сложная проблема решается путем разбиения ее на более мелкие
- Принцип рычага

Принципы систем: взаимодействие

- Построение системы заключается в:
 - Подборе нужных частей (элементов)
 - Соединении их
 - Управлении их взаимодействием так, чтобы возникала целостность
- Порядок
 - Для лучшего понимания системы необходимо выявлять порядок, схожесть в ее частях и поведении
- Бережливый подход
 - Необходимо выбирать наиболее простое объяснение явления, то, что требует меньше предположений (это относится не только к проектированию, но и определению требований и операционной деятельности)

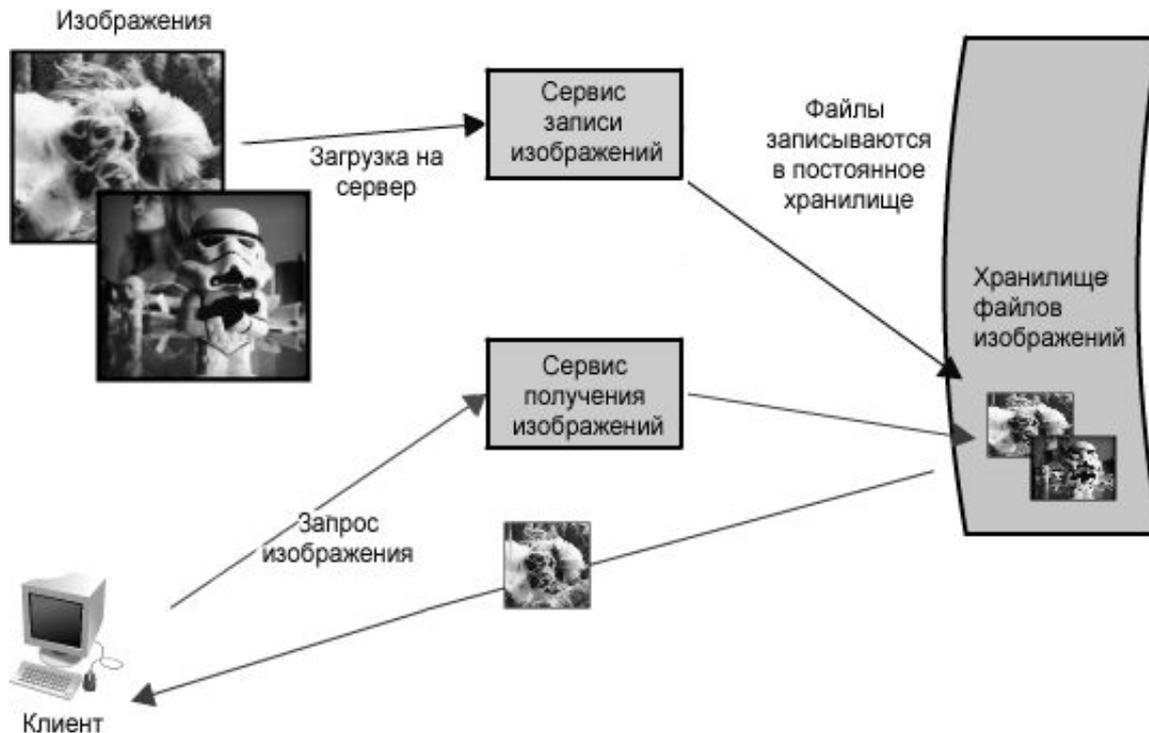
Кейс: Масштабируемая веб-архитектура

Упрощенная схема архитектуры для приложения хостинга изображений



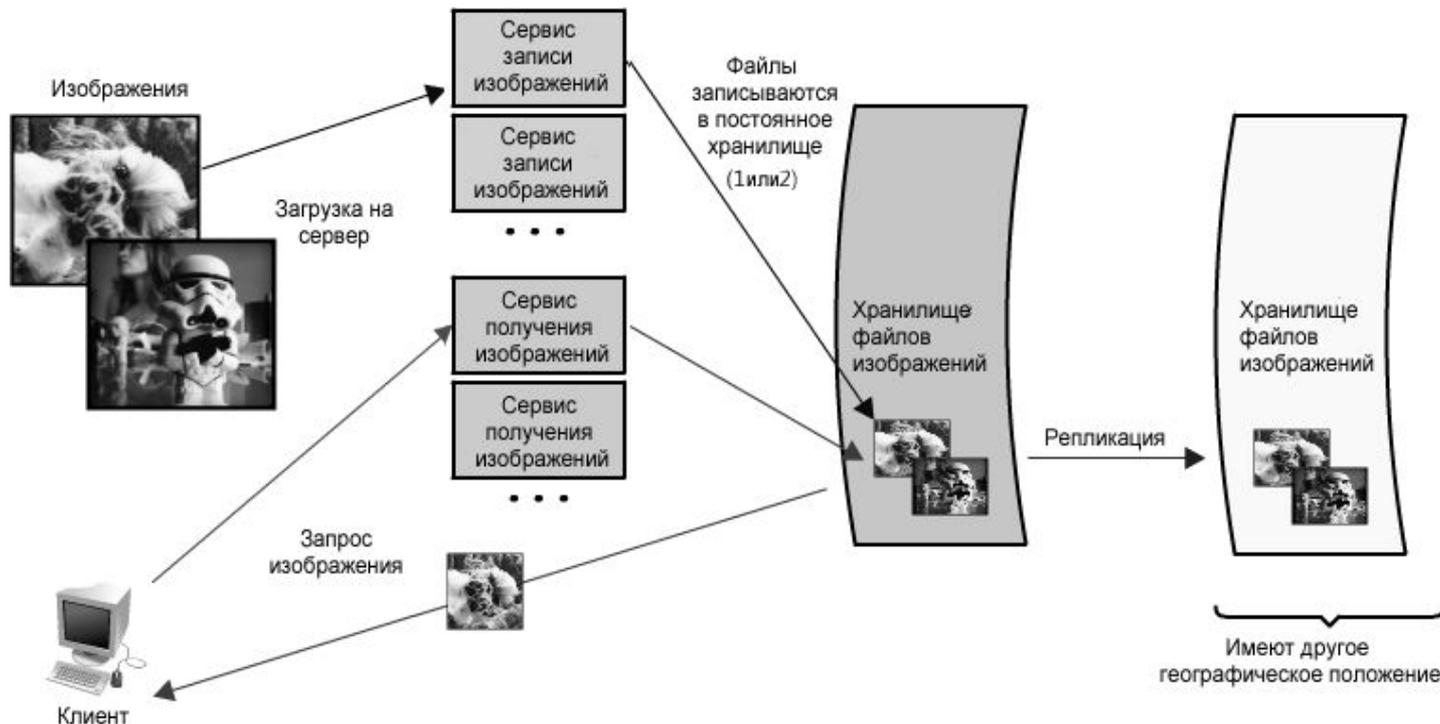
Кейс: Масштабируемая веб-архитектура

Разделение чтения и записи



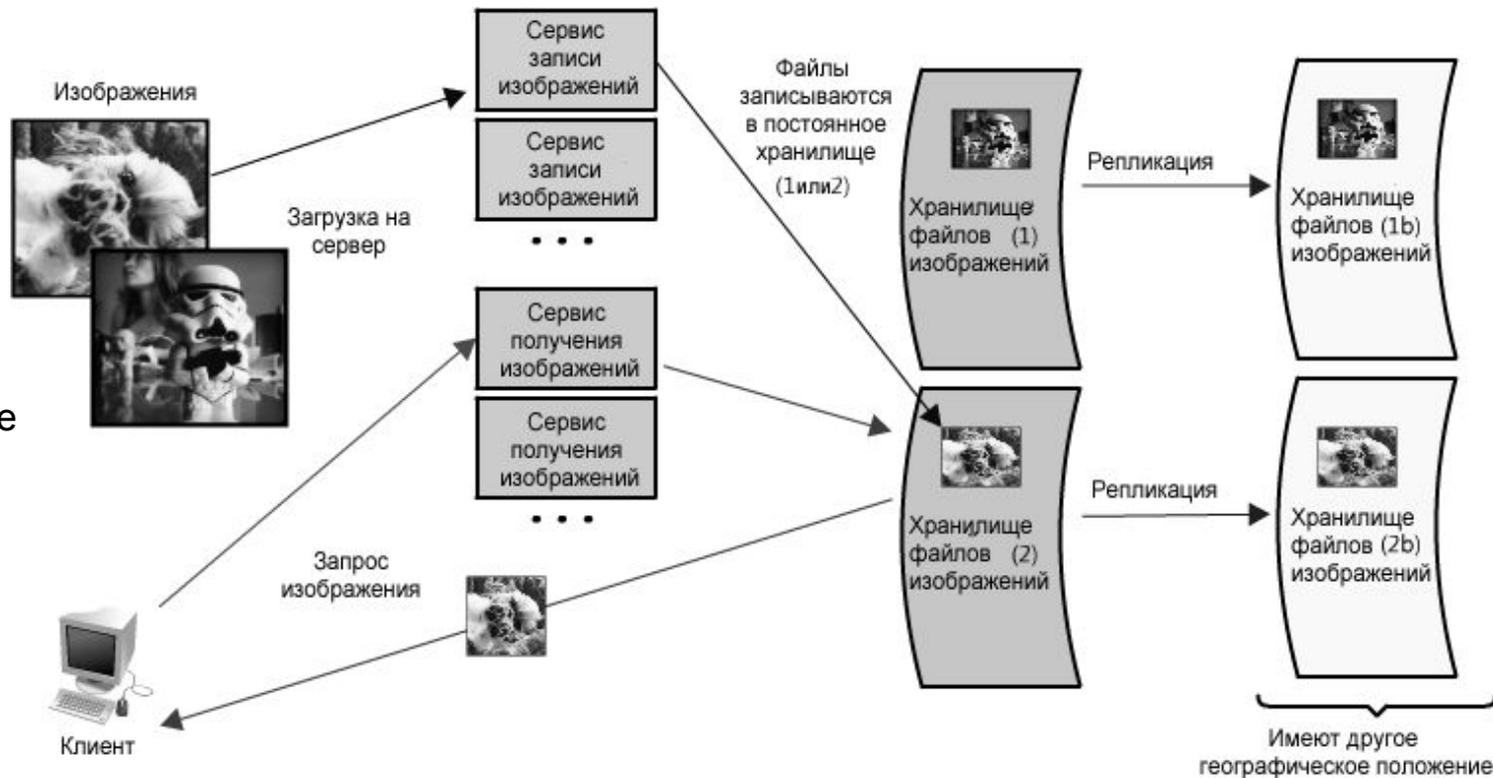
Кейс: Масштабируемая веб-архитектура

Добавление избыточности



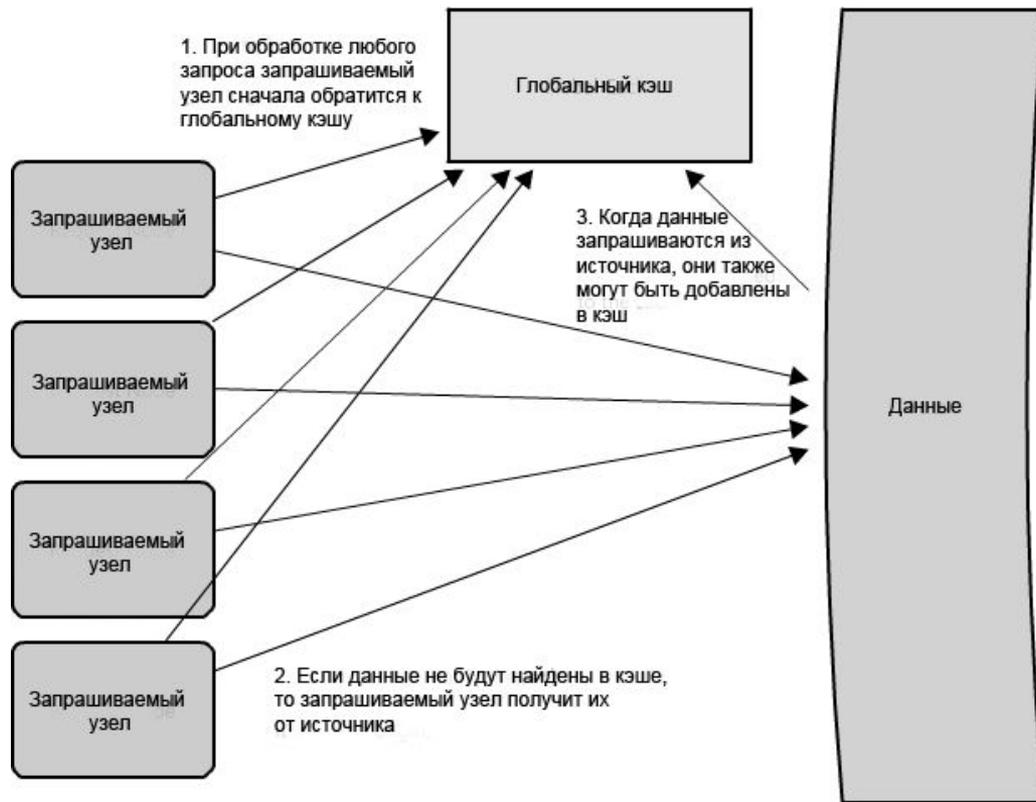
Кейс: Масштабируемая веб-архитектура

Избыточность
и сегментирование



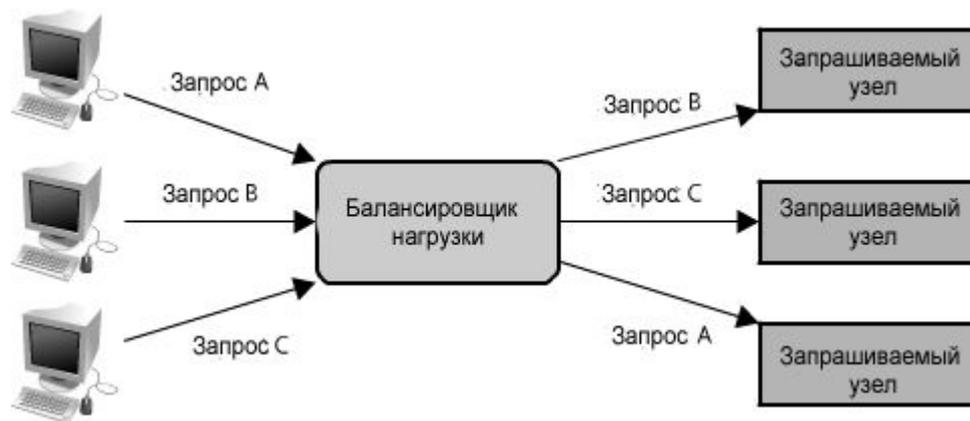
Кейс: Масштабируемая веб-архитектура

Глобальный кэш



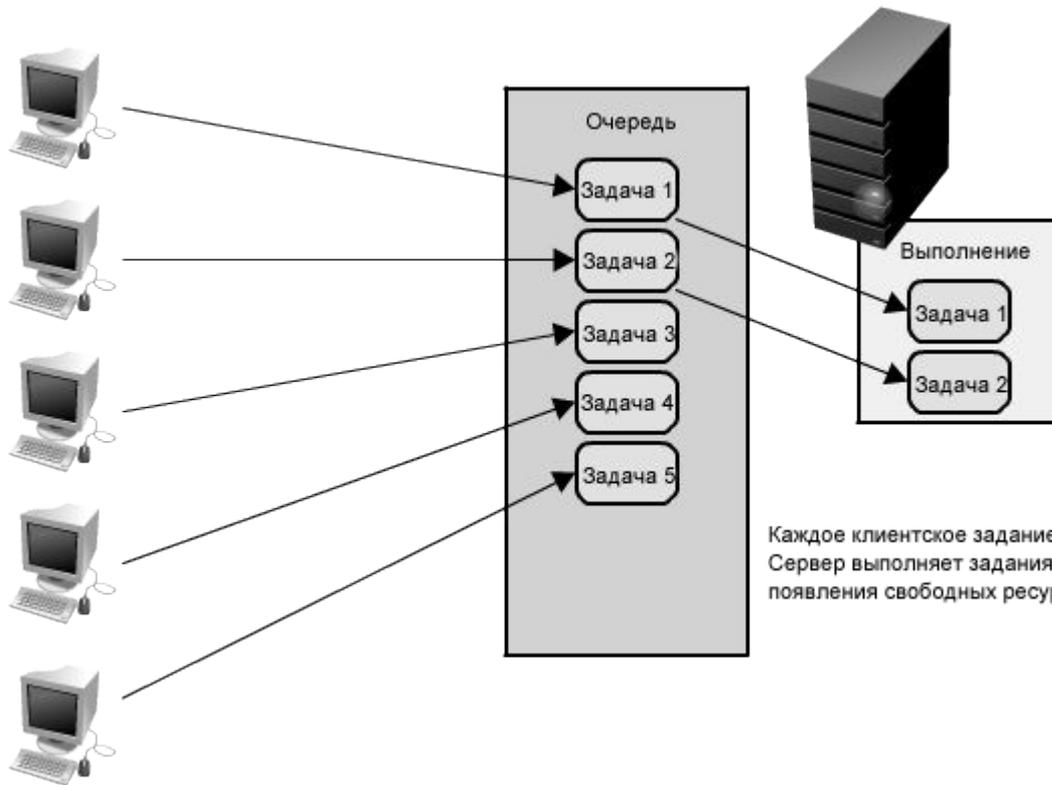
Кейс: Масштабируемая веб-архитектура

Балансировщик нагрузки



Кейс: Масштабируемая веб-архитектура

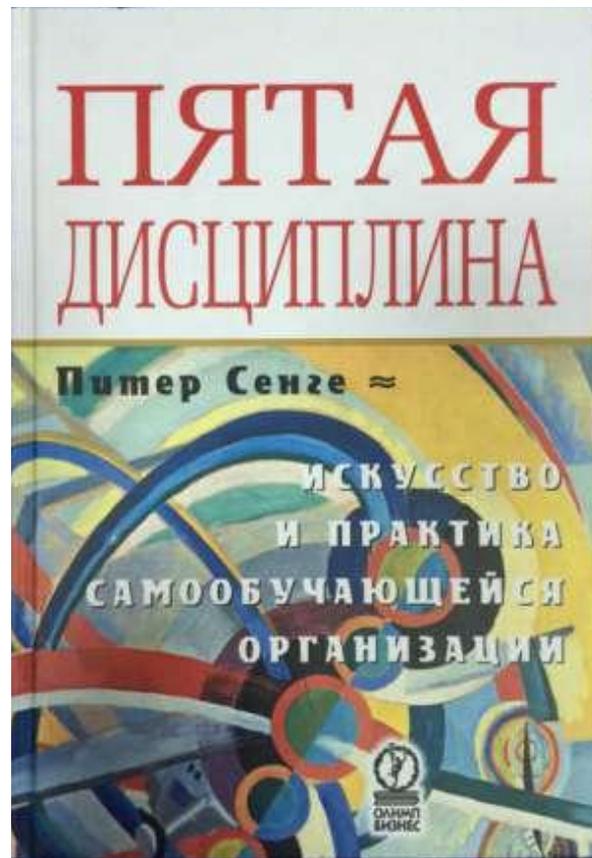
Использование очередей
для управления запросами



Каждое клиентское задание ставится в очередь.
Сервер выполняет задания по мере
появления свободных ресурсов.

Системные архетипы

- Сопrotивление внешнему влиянию
- Стремление к неверной цели
- Неработающее решение
- Перекладывание проблем
- Тенденция к ухудшению
- Пределы роста
- Уравновешивание с задержкой
- Эскалация
- Успех к успеху
- Трагедия общин
- Манипулирование правилами
- Рост и недоинвестирование



Сопротивление внешнему влиянию

Ловушка: Интуитивно верные изменения в сложной системе не приводят к большим изменениям, из-за противодействия остальных частей системы.

Выход: Снять давление. Найти компромисс. Поставить общую цель. Найти рычаг.

Рычаг: Зачастую расположен во времени и пространстве не там, где проблема

- Перепроизводство
- Борьба с наркотиками
- Увеличение населения через запрет абортс (Румыния, 1967)
- “Сухой” закон
- Учеба

Стремление к неверной цели

Ловушка: Если цели системы определены неточно, то система послушно стремится к ним, достигая результата, которого никто не ожидал.

Выход: Использовать цели и показатели, характеризующие реальное благополучие системы. Не путать результаты и усилия по их достижению.

- ВВП как критерий благополучия
- Детский спорт
- Диплом об образовании
- Служба исполнения наказания
- «Белорусский» Джобс

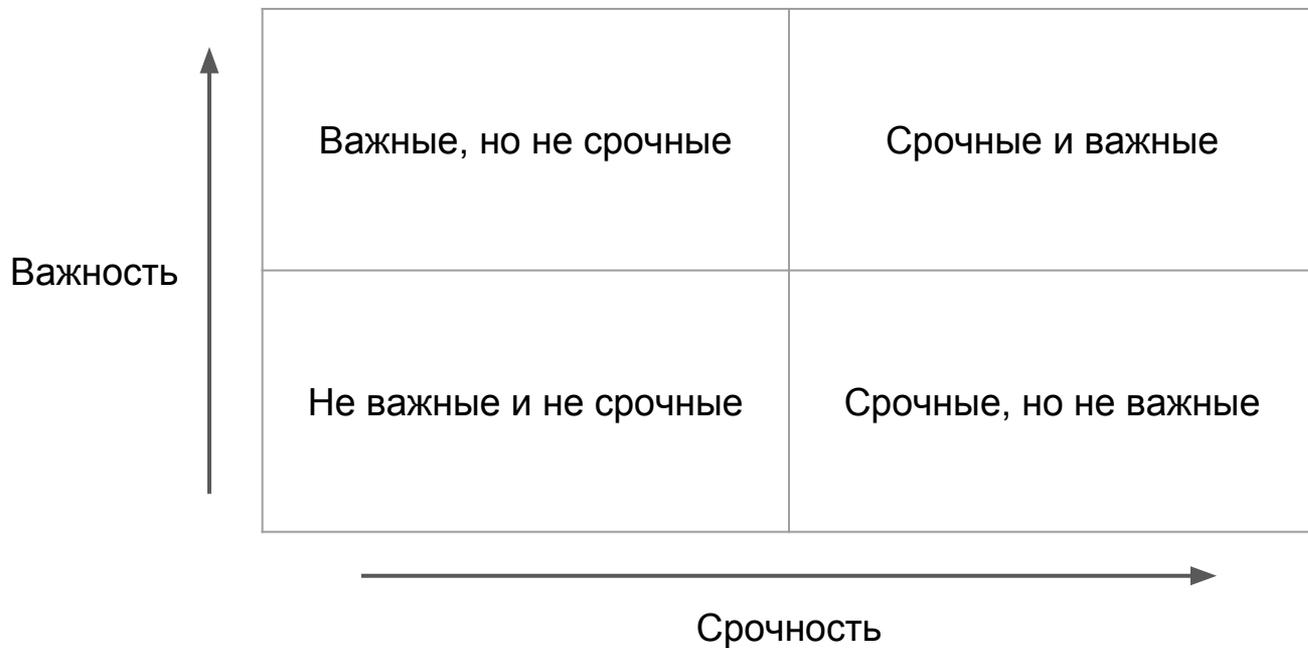
Неработающее решение / Подмена проблемы

Ловушка: Кратковременные решения интуитивны, но в сложных системах практически всегда есть конфликт краткосрочного и долгосрочного, быстрые “фиксы” оттягивают полное решение.

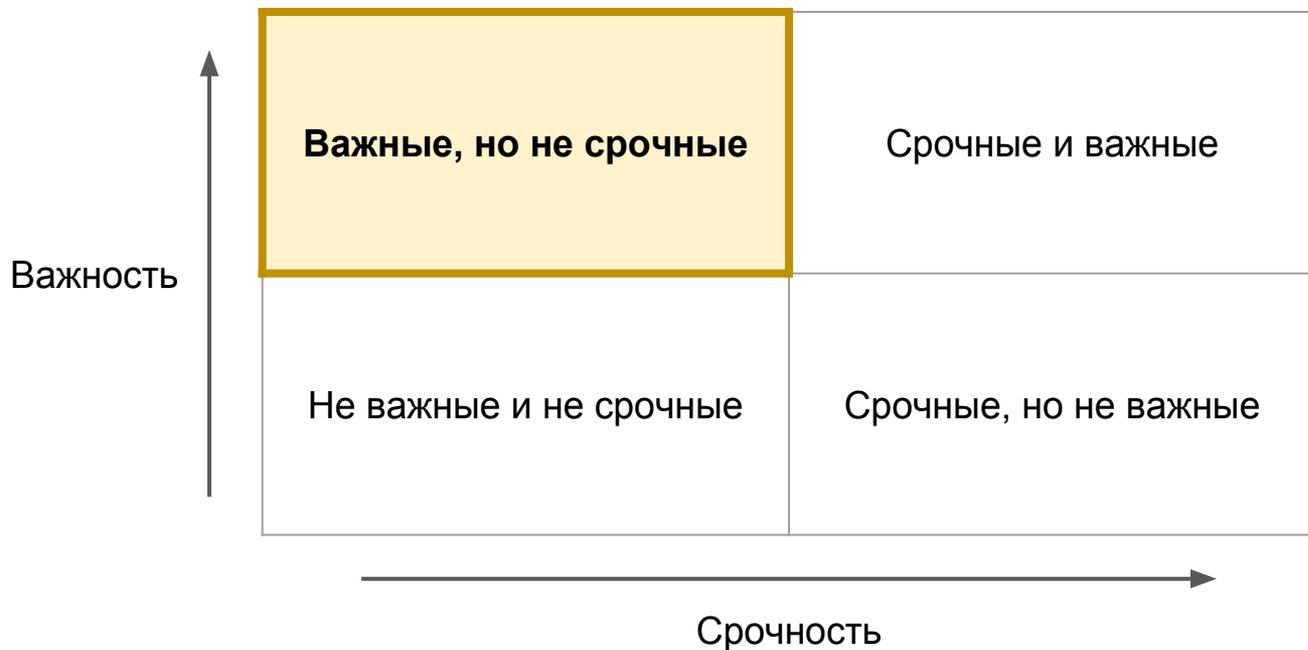
Выход: Фокус на долговременном решении проблем.

- Алкоголизм и наркомания
- «Костыльные решения»
- Таблетки вместо ведения здорового образа жизни
- Использование кредитов
- Приспосабливание
- Сокращение расходов на плановый осмотр
- Матрица Эйзенхауэра

Матрица Эйзенхауэра



Матрица Эйзенхауэра



Матрица Эйзенхауэра



Перекладывание проблемы

Ловушка: Способность системы “держаться на плаву” ухудшается вследствие помощи извне, в долгосрочной перспективе система становится зависимой от этой помощи

Выход: Думать о долговременном решении проблем. “Учить ловить рыбу, а не давать еду”.

- Воспитание детей
- Господдержка неимущих
- Поддержка стран 3-го мира

Тенденция к ухудшению

Ловушка: В системах есть постоянная тенденция к ухудшению, вследствие того, что достижения не соотносятся с целями, из-за чего цели понижаются. В долгосрочной перспективе это приводит к коллапсу

Выход: Стандарты не должны зависеть от текущего состояния. Лучше работать на повышение

- «Вареная лягушка»
- Новогодние обещания
- Постепенное снижение требований к себе
- Снижение качества как способ снижения расходов
- Корректировка государственных нормативов
- “Защита” программистов в противовес срокам

$$0.99^{30} \approx 0.74$$

$$0.99^{365} \approx 0.03$$

$$1.01^{30} \approx 1.35$$

$$1.01^{365} \approx 37.8$$

Пределы роста

Ловушка: Усиливающий цикл по мере достижения лимита система (или реакция внутри системы на рост) сталкивается с балансирующим, дальнейшие усилия будут приносить все меньше и меньше результата

Выход: Знать свои пределы и скорость. Устранять ограничения и лимитирующие факторы.

Лимитирующий фактор: Не нужно искать главный, нужно рассматривать их вместе, а не изолированно друг от друга

- История цивилизация и компаний
- “Мировая модель” Форрестера
- Пивот стартапов
- Время удвоения
- Обучение: преподаватели, техника, задачи, соперники

Уравновешивание с задержкой

Ловушка: Задержка в реакции системы приводит к тому, что корректировка действий становится чрезмерной либо вообще прекращается из-за отсутствия видимых результатов.

Выход: Понимать, что в системах всегда есть задержки. Терпеть. Сделать систему более чуткой к воздействиям.

- Питание
- Тренировки
- “10 тыс. часов”
- Циклы перепроизводства и дефицита (“Пивная игра”)
- Нервный срыв после долгого игнорирования проблемы

Эскалация

Ловушка: Конкуренция запасов приводит к срабатыванию усиливающего цикла обратной связи, что всегда является экспоненциальным процессом и может привести к катастрофе.

Ловушка: Две системы разрушают свои отношения наращивая ответные удары.

Выход: Не попадать в ловушку. Отказаться от соревнования. Договориться с другой стороной.

- Гонка вооружений
- Ближний восток
- Ценовые или рекламные войны
- Черный пиар
- Разрушение брака
- Рост зарплат в ИТ сфере

Успех к успеху

Ловушка: Если победители забирают все, то развивается усиливающий цикл обратной связи, который приводит к исчезновению конкурентов.

Выход: Диверсификация. Увеличение разнообразия. Ограничение доли пирога. Антимонопольные службы.

- “Монополия”
- Баланс между работой и семьей
- “Виральность” приложений
- Излишняя скромность или уверенность
- Бедные и богатые

Трагедия общин

Ловушка: Потребление общего ресурса истощает его и это касается всех участников. Слабая обратная связь усугубляет состояние ресурса и может его истощить.

Выход: Убеждение и обучение потребителей. Приватизация ресурса. Регулирования доступа к ресурсу.

- Рыболовство
- Иммигранты
- Доступ в национальные парки и исторические места
- Использование ископаемого топлива
- Ограничение рождаемости
- Падение репутации фирмы при работе с конкурирующими поставщиками

Манипулирование правилами

Ловушка: Манипулирование правилами или целями сопровождается формальным их исполнением, что отдаляет систему от нормы

Выход: Переработать правила так, чтобы творческая изобретательность направлялась на достижение настоящих целей.

- Траты бюджета в конце года
- Закон об исчезающих видах (США)

Рост и недоинвестирование

Ловушка: Ограничения роста можно снять инвестициями, но это откладывается либо делается недостаточно быстро.

Выход: Нужно расширять мощности с опережением. Не отступать от заданных целей.

- Грандиозные планы, не подкрепленные временем и усилиями
- Рост в угоду падению качества продукции

Точки воздействия на систему (Д. Медоуз)

Численные показатели
Буферы (запасы)
Структура

Изменение параметров не влияет существенно, пока не затрагивает более важные позиции
Большие запасы лучше маленьких, но при этом теряется гибкость и скорость изменений
Изменение структуры -- самый медленный и дорогой способ изменения системы

Запаздывания
Циклы обратной связи

При больших запаздываниях система не может реагировать быстро
Наоборот, слишком быстрые запаздывания приводят к резкой реакции
Балансирующие циклы -- “аварийные” механизмы системы
Усмирение роста эффективнее балансирующих циклов, но без этого невозможно развитие

Инфопотоки
Правила, политика

Нехватка инфопотоков в нужном месте и виде -- причина “плохой” работы систем
Часто они отсутствуют, чтобы избежать ответственности за свои действия
Правила определяют цели, границы, степени свободы системы

Саморганзация
Цели
Мировоззрение

При достаточном разнообразии системы могут сами изменять вышеперечисленные точки
Цель подчиняет средства
Наше мировоззрение -- набор парадигм, который меняется под воздействием неспоримых доказательств

ИСТОЧНИКИ

- Тарасенко Ф. П. *Прикладной системный анализ* — Томск, Издательство Томского университета, 2004.
- Хомяков П. М. *Системный анализ: Экспресс-курс лекций* — Москва, Издательство ЛКИ, 2008.
- Медоуз Д. *Азбука системного мышления* — Москва, БИНОМ, 2011.
- [Systems Engineering Body of Knowledge \(SEBoK\)](#)