



**ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

27.03.02 «Управление качеством»
ЛК №4

Ирина Андреевна Абрашкина

abrashkinaia@tpu.ru

ИТОГИ НЕДЕЛИ №3

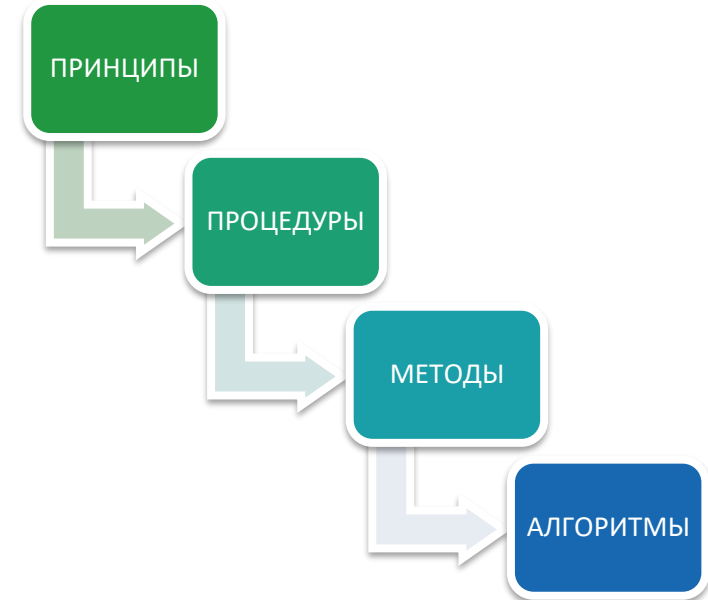
Системный анализ – это дисциплина, занимающаяся **проблемами принятия решений** в условиях сложности, многокритериальности и неопределенности, **опираясь на целостный, системный взгляд** на объект изучения.



«Что такое система?»
«Зачем нужен системный подход?»

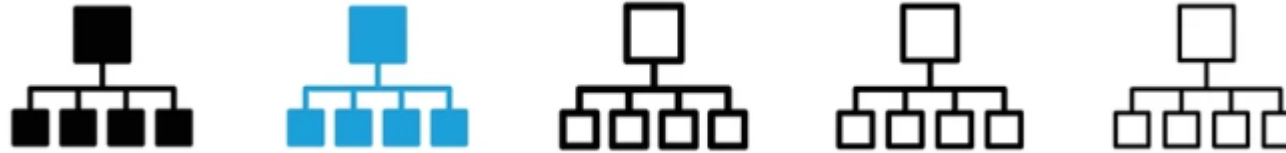


«КАК его осуществить?»



ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА – это арсенал средств, позволяющих провести декомпозицию сложной проблемы, выявить скрытые зависимости, формализовать качественные оценки, смоделировать поведение системы и, в конечном итоге, выработать обоснованное управленческое или проектное решение.



по цели применения, по степени формализации, по этапу системного исследования и мн. др.

ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

1. Методы структуризации и представления систем.
2. Методы анализа целей и функций.
3. Методы моделирования и прогнозирования.
4. Методы оценки и принятия решений.

1. Первичный анализ проблемы, выявление элементов, связей и иерархии.
2. Определение и упорядочивание целей системы и ее подсистем.
3. Создание формальных образов системы для изучения ее поведения в различных условиях.
4. Сравнение альтернатив и выбор наилучшего варианта

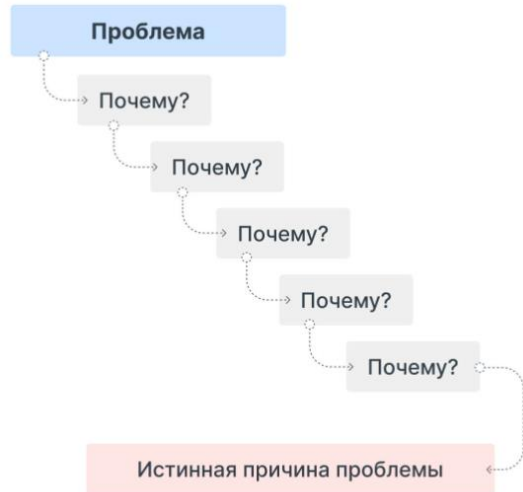


СТРУКТУРИЗАЦИИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМ

Используются на начальных этапах анализа, когда проблема еще плохо формализована и носит «размытый» характер. Их задача – перейти от неструктурированного описания к наглядным и понятным схемам и моделям.

«5 ПОЧЕМУ»

- понять коренные причины сбоев или ошибок, а не просто устранять их последствия;
- предотвратить их повторение в будущем.



АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ:

1. **Сформулируйте проблему.** Четко опишите, что пошло не так.
2. **Спросите «Почему?»** Задавайте вопрос «Почему это произошло?» для каждого полученного ответа. Повторяйте цикл (обычно 3-5 раз), пока не дойдете до корневой причины.
3. **Найдите корень.** Последний ответ в цепочке — это фундаментальная причина, а не симптом.
4. **Примите меры.** Разработайте решения, которые устраняют именно корневую причину, а не ее следствия.

Суть метода: Последовательно углубляться от симптома к первопрочине, задавая вопрос «Почему?».



СТРУКТУРИЗАЦИИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМ

Проблема (пример): Большое количество студентов первого курса провалили промежуточный экзамен по ключевому предмету «Введение в программирование».

?

Большинство не смогло решить практические задачи на написание кода

?

Они не были знакомы с форматом заданий и не имели достаточного опыта в отладке собственного кода

?

Домашние задания в течение семестра были однотипными и простыми, а экзаменационные задачи были значительно сложнее и требовали комбинирования знаний

?

Программа курса и методические материалы были разработаны несколько лет назад и не обновлялись в соответствии с современными требованиями и реальным уровнем входящих студентов

?

В плане кафедры не заложено регулярное (ежегодное) время и ресурсы для пересмотра и актуализации материалов силами преподавателей. Нет формализованного процесса обратной связи по итогам экзаменов для модернизации курса

Системная причина: не процесс, а его отсутствие.

Проблема не в конкретном преподавателе или студентах, а в организации учебной работы кафедры.



СТРУКТУРИЗАЦИИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМ

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ (ЯЩИК)

- автор - швейцарский астрофизик **Фриц Цвикки** (14 февраля 1898 г. – 8 февраля 1974 г.);
- выявление новых неочевидных решений;
- похож на составление портрета из разных частей (глаза, нос, рот), где каждый элемент можно менять, получая новый образ.



Суть метода: Системный перебор всех возможных комбинаций параметров задачи для генерации полного спектра решений и поиска оптимального (инженерия, дизайн, решение любых творческих и организационных задач).

АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ:

1. **Сформулируйте проблему.** Четко определите задачу, которую нужно решить.
2. **Выделите параметры.** Разложите проблему на ключевые, независимые характеристики.
3. **Определите варианты.** Для каждого параметра составьте список всех возможных значений.
4. **Составьте морфологический ящик (таблицу).** Постройте матрицу («морфологический ящик»), где строки — это параметры, а столбцы — варианты.
5. **Комбинируйте и анализируйте.** Систематически соединяйте разные варианты параметров для генерации новых решений.
6. **Выберите лучшее.** Оцените получившиеся комбинации и отберите наиболее эффективные.



СТРУКТУРИЗАЦИИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМ

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ (ЯЩИК). ПРИМЕРЫ

Добавка	Ваниль	Корица	Цукаты	Орехи
Тесто	Заварное	Слоёное	Песочное	Бисквитное
Начинка	Шоколад	Сливки	Карамель	Варенье
Форма	Завитушка	Полоска	Трубочка	Шарик

Тип материала	Способ открытия	Размер упаковки	Форма	Элементы брендинга	Ценовой сегмент
Картон	Крышка сверху	Малый (до 250 г)	Прямоугольная	Минималистичный логотип	Эконом
Пластик	Клапан сбоку	Средний (250–500 г)	Цилиндрическая	Полноцветный принт	Средний
Комбинированный	ZIP-замок	Большой (1 кг+)	Скошенная/асимметричная	Прозрачное окно	Премиум
Биополимер/экоальтернатива	Вскрытие по линии	Компактная складная форма	Плоская (почтовый формат)	Тиснение/лакировка	Корпоративный/подарочный

Параметры	Варианты параметров							
Материал	Стекло	Плёнка	Пластмасса	Бумага	Бумага плёнка	Металл	Глина	Дерево
Форма	Цилиндр	Тетраздр	Конус	Параллелеп.	Необ. форма			
Укупорка	Одноразовая пробка		Многоразовая пробка		Без пробки			
Время использования	Одноразовая упаковка		Многоразовая упаковка					
Утилизация	Пункт приёма		Мусор					



СТРУКТУРИЗАЦИИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМ

ДЕРЕВО ЦЕЛЕЙ

- структурированный способ визуализации достижения цели путем ее декомпозиции на подцели и конкретные задачи;
- основная, генеральная цель располагается на вершине ("стволе"), а от нее ответвляются все более мелкие задачи ("ветви" и "листья").



Суть метода: Декомпозиция главной цели на иерархическую систему взаимосвязанных и непротиворечивых подцелей (стратегическое планирование, как в бизнесе, так и в личной жизни).

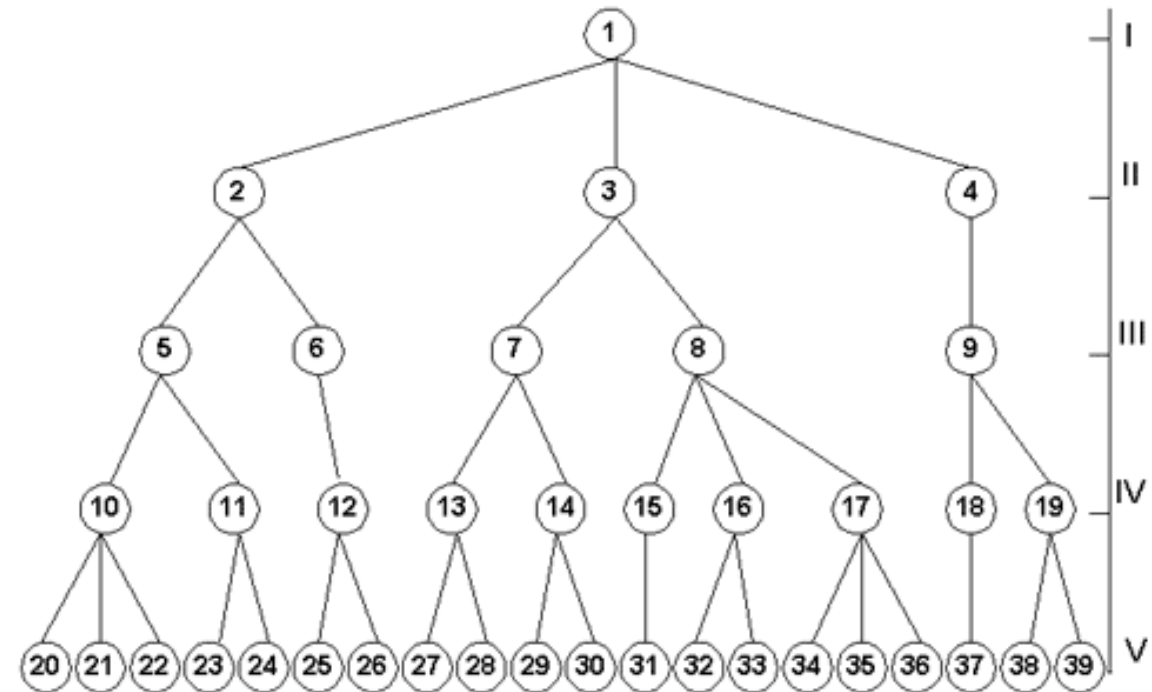
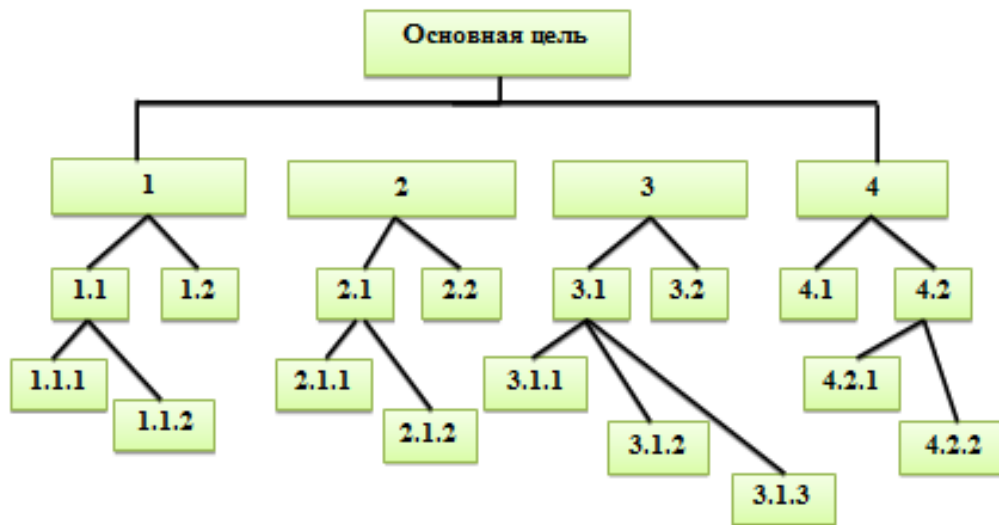
АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ:

1. **Сформулируйте главную цель.** Она должна быть конкретной и измеримой.
2. **Разложите на подцели.** Разделите главную цель на ключевые составляющие. Принцип: достижение всех подцелей одного уровня означает достижение цели выше.
3. **Постройте иерархию.** Выстройте цели в виде структуры: генеральная цель → подцели 1-го уровня → подцели 2-го уровня и т.д.
4. **Проверьте целостность.** Убедитесь, что все цели работают на вышестоящие и не конфликтуют между собой.
5. **Визуализируйте.** Представьте структуру в виде древовидной схемы.



СТРУКТУРИЗАЦИИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМ

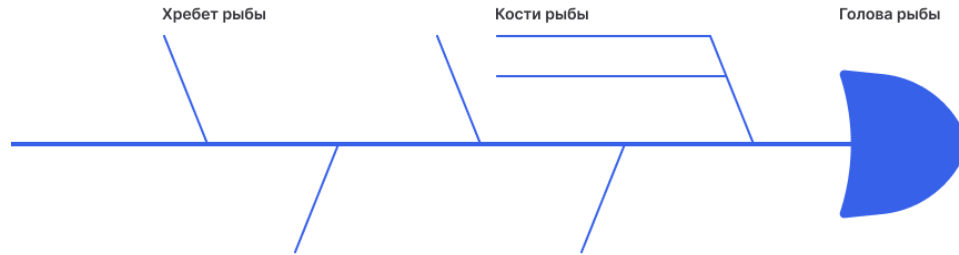
ДЕРЕВО ЦЕЛЕЙ. ПРИМЕРЫ



СТРУКТУРИЗАЦИИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМ

ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ (РЫБЬЯ КОСТЬ)

- автор - японский профессор **Каору Исикава** (13 июля 1915 г. – 16 апреля 1989 г.) – крупнейший специалист в области управления качеством;
- выявление и систематизация всех возможных причин, приводящих к конкретному следствию (проблеме).



Суть метода: Структурированный поиск и наглядное отображение всех возможных причин проблемы, сгруппированных по категориям.

АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ:

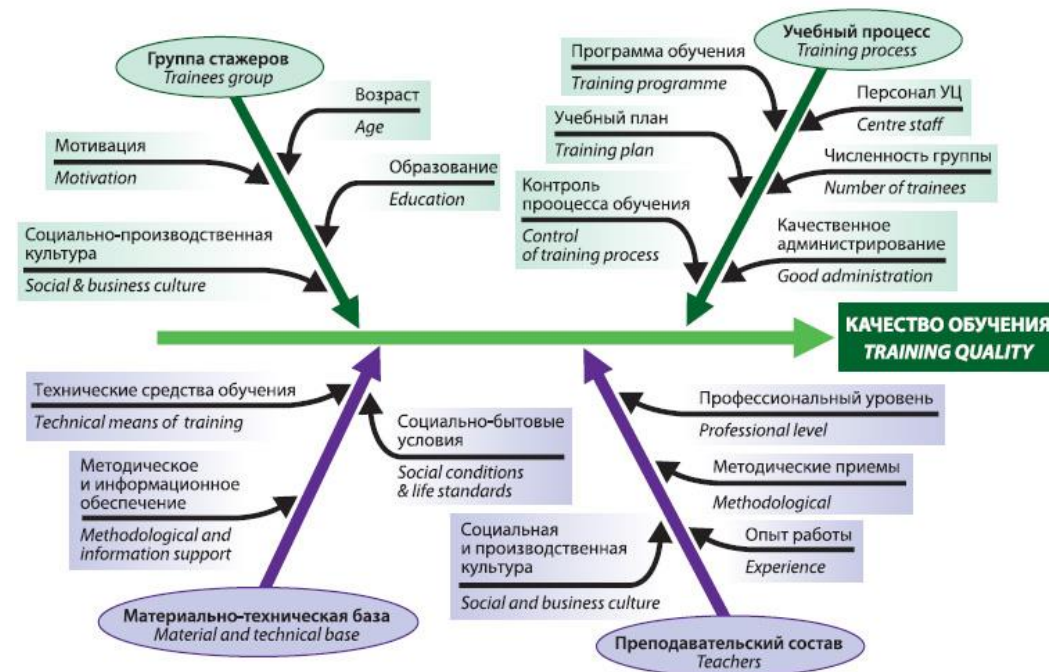
1. **Сформулируйте проблему.** Четко опишите её и поместите в «голову» рыбы (справа).
2. **Определите категории причин.** Выделите основные группы факторов (например, Люди, Методы, Оборудование, Материалы). Это главные «кости» скелета.
3. **Выявите частные причины.** Для каждой категории через мозговой шторм определите все возможные конкретные причины. Это ответвления от главных «костей».
4. **Проанализируйте и найдите корень.** Выявите наиболее вероятные и значимые причины проблемы из всего списка.



МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

СТРУКТУРИЗАЦИИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМ

ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ (РЫБЬЯ КОСТЬ). ПРИМЕРЫ



АНАЛИЗА ЦЕЛЕЙ И ФУНКЦИЙ

ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНЫЙ АНАЛИЗ

- развитие идей, заложенных в «дереве целей», направленных на более глубокий анализ того, **зачем** существует система и **что** она должна делать;
- повышение (сохранение) функциональной полезности объекта при минимизации затрат на его создание и эксплуатацию.



Суть метода: снижение затрат за счёт выявления и оптимизации функций с неоправданно высокой стоимостью.

АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ:

- 1. Подготовьте объект.** Сформируйте рабочую группу и определите задачи анализа.
- 2. Соберите данные.** Изучите конструкцию, технологию и затраты на объект.
- 3. Проанализируйте функции.**
 - выявите и классифицируйте все функции объекта;
 - определите стоимость каждой функции;
 - найдите "зоны провала" — функции с неоправданно высокой стоимостью;
- 4. Найдите новые решения.** Предложите более дешёвые способы выполнения необходимых функций.
- 5. Оцените предложения.** Проведите экспертизу выдвинутых идей.
- 6. Подготовьте рекомендации.** Оформите итоговые предложения по оптимизации объекта.



АНАЛИЗА ЦЕЛЕЙ И ФУНКЦИЙ

ДЕРЕВО РЕШЕНИЙ

- мост между анализом целей и принятием решений;
- граф, отображающий последовательность принятия решений и их возможные последствия в условиях неопределенности.



Суть метода: принятие оптимальных решений в условиях неопределенности через расчет ожидаемой полезности разных сценариев.

АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ:

1. **Определите проблему и варианты.** Сформулируйте исходную задачу и возможные решения.
2. **Постройте дерево.** Отобразите последовательность решений и случайных событий с их исходами.
3. **Оцените вероятности и полезность.** Назначьте вероятности для событий и ценность для каждого конечного исхода.
4. **Проведите свертку.** Рассчитайте математическое ожидание для каждого узла, выбирая оптимальные решения.

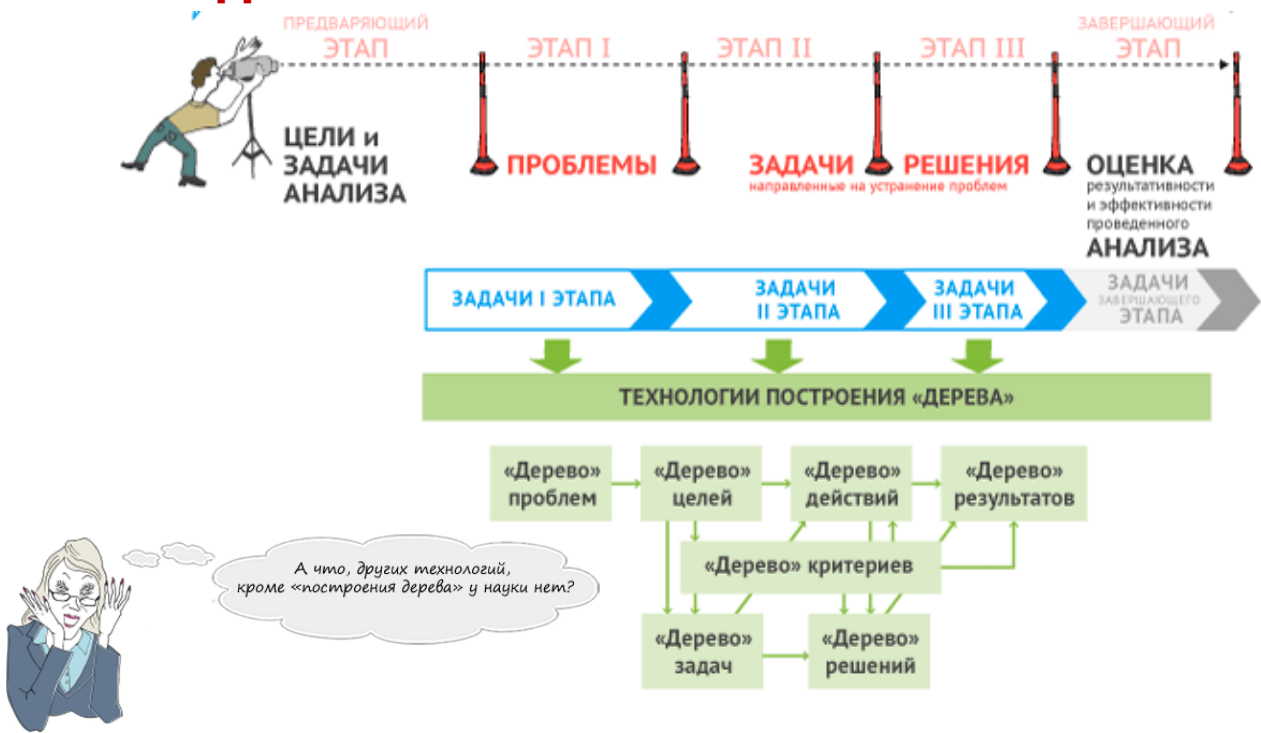
ОТЛИЧИЕ ОТ ДЕРЕВА ЦЕЛЕЙ:

1. **Дерево целей** — инструмент планирования, который декомпозирует главную цель на иерархию подцелей. Не содержит вероятностей и расчетов.
2. **Дерево решений** — инструмент анализа рисков, который моделирует последовательность решений и случайных событий с количественными оценками вероятностей и результатов.



АНАЛИЗА ЦЕЛЕЙ И ФУНКЦИЙ

ДЕРЕВО РЕШЕНИЙ. ПРИМЕРЫ



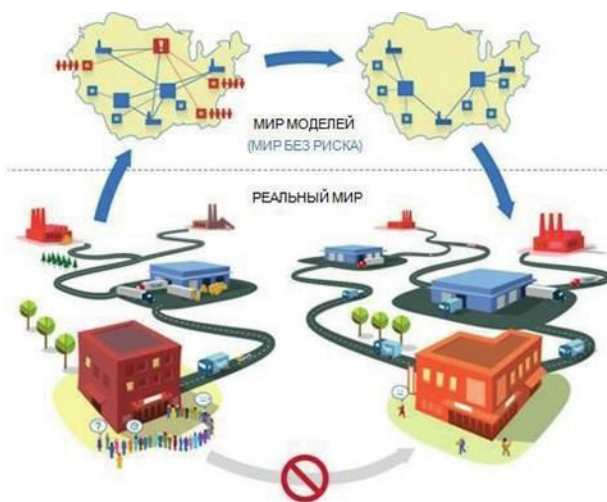
ЦЕЛИ		Разработка решений									ОРИЕНТИР ДОСТИЖЕНИЯ
		Шаг 1		Шаг 2		Шаг 2		Шаг 2	→ и т.д.		
Подцели	Возможные действия	Возможные последствия	Ожидаемый результат/эффект действия	Возможные действия	Возможные последствия	Ожидаемый результат/эффект действия	Возможные действия	Возможные последствия	Ожидаемый результат/эффект действия		
ГЛАВНАЯ ЦЕЛЬ	Цель 1.1	действие 1.1.1	действие 1.1.2	действие 1.1.3	действие 1.1.4	действие 1.1.5	действие 1.1.6	действие 1.1.7	действие 1.1.8	действие 1.1.9	Параметры достижения 1.1
	Цель 1.2	действие 1.2.1	действие 1.2.2	действие 1.2.3	действие 1.2.4	действие 1.2.5	действие 1.2.6	действие 1.2.7	действие 1.2.8	действие 1.2.9	Параметры достижения 1.2
	Цель 1.2.1	действие 1.2.1.1	действие 1.2.1.2	действие 1.2.1.3	действие 1.2.1.4	действие 1.2.1.5	действие 1.2.1.6	действие 1.2.1.7	действие 1.2.1.8	действие 1.2.1.9	Параметры достижения 1.2.1
	Цель 1.2.2	действие 1.2.2.1	действие 1.2.2.2	действие 1.2.2.3	действие 1.2.2.4	действие 1.2.2.5	действие 1.2.2.6	действие 1.2.2.7	действие 1.2.2.8	действие 1.2.2.9	Параметры достижения 1.2.2
	Цель 1.3	действие 1.3.1	действие 1.3.2	действие 1.3.3	действие 1.3.4	действие 1.3.5	действие 1.3.6	действие 1.3.7	действие 1.3.8	действие 1.3.9	Параметры достижения 1.3
	Цель 2.1	действие 2.1.1	действие 2.1.2	действие 2.1.3	действие 2.1.4	действие 2.1.5	действие 2.1.6	действие 2.1.7	действие 2.1.8	действие 2.1.9	Параметры достижения 2.1
	Цель 2.2	действие 2.2.1	действие 2.2.2	действие 2.2.3	действие 2.2.4	действие 2.2.5	действие 2.2.6	действие 2.2.7	действие 2.2.8	действие 2.2.9	Параметры достижения 2.2
	Цель 1	действие 1.1	действие 1.2	действие 1.3	действие 1.4	действие 1.5	действие 1.6	действие 1.7	действие 1.8	действие 1.9	Параметры достижения 1
	Цель 2	действие 2.1	действие 2.2	действие 2.3	действие 2.4	действие 2.5	действие 2.6	действие 2.7	действие 2.8	действие 2.9	Параметры достижения 2
	Цель 3	действие 3.1	действие 3.2	действие 3.3	действие 3.4	действие 3.5	действие 3.6	действие 3.7	действие 3.8	действие 3.9	Параметры достижения 3



МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- мощный и распространенный метод исследования сложных систем, когда аналитическое решение невозможно или чрезвычайно затруднено;
- модель «проигрывается» многократно, а результаты статистически обрабатываются.



Суть метода: исследование сложных систем через эксперименты с их компьютерными моделями-аналогами.

АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ:

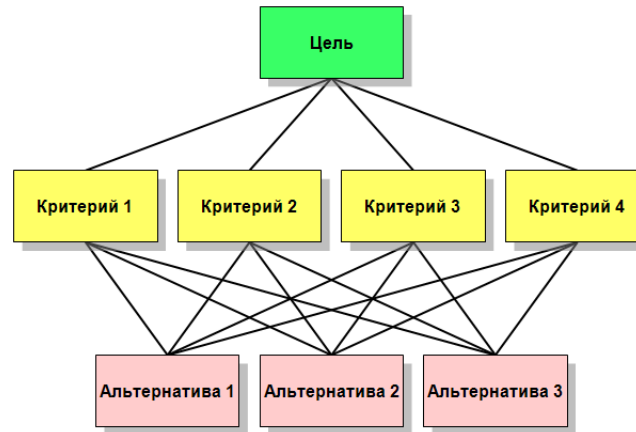
1. **Поставьте задачу.** Четко сформулируйте проблему и цели моделирования.
2. **Разработайте концепцию.** Определите ключевые элементы, переменные и логику их взаимодействия.
3. **Постройте модель.** Реализуйте концепцию в виде компьютерной программы.
4. **Проверьте модель.** Убедитесь в корректности кода (верификация) и адекватности модели реальной системе (валидация).
5. **Проведите эксперименты.** Выполните сеансы моделирования для сбора данных.
6. **Проанализируйте результаты.** Сформулируйте выводы и рекомендации на основе полученных данных.



МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

АНАЛИЗ ИЕРАРХИЙ (МАИ)

- автор - американский математик **Томас Лори Саати** (18 июля 1926 г. — 14 августа 2017 г.);
- математический аппарат для анализа и принятия решений в условиях многокритериальности;



Суть метода: принятие решений через парное сравнение альтернатив и критериев для определения оптимального варианта на основе количественных оценок важности.

АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ:

1. **Постройте иерархию.** Представьте задачу в виде уровней: цель → критерии → альтернативы.
2. **Проведите парные сравнения.** Оцените элементы каждого уровня относительно друг друга по шкале от 1 до 9.
3. **Рассчитайте приоритеты.** Вычислите веса (важность) для каждого элемента на основе сравнений.
4. **Проверьте согласованность.** Убедитесь, что оценки эксперта непротиворечивы (индекс согласованности < 0.1).
5. **Определите лучший вариант.** Суммируйте взвешенные приоритеты альтернатив для выбора оптимальной.



МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

АНАЛИЗ ИЕРАРХИЙ (МАИ). ПРИМЕРЫ

МАИ: Выбор Лидера



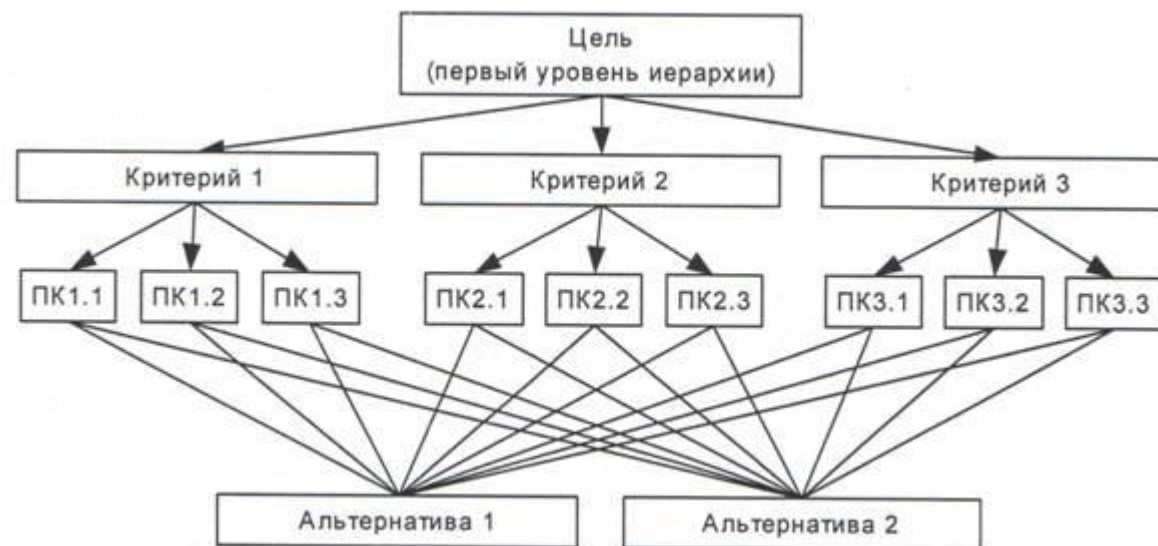
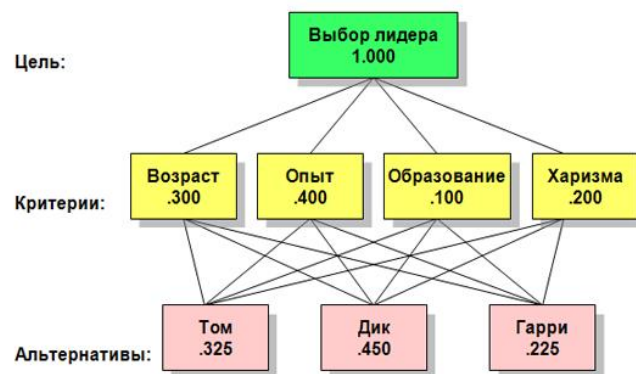
Том



Дик



Гарри



ОЦЕНКИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

МЕТОД ВЗВЕШЕННЫХ СУММ (МВС)

- простейший и интуитивно понятный метод многокритериального выбора;
- используется на заключительных этапах системного анализа для объективного сравнения различных вариантов решений.

	Вес	Компания А	Компания Б	Компания В
Зарплата	10	10	9	8
Обязанности	10	7	10	6
График работы	6	5	4	10
Карьерный рост	8	6	8	8
Соцпакет	2	10	5	5
Сумма		268	288	274

АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ:

1. **Определите веса критериев.** Назначьте каждому критерию числовой вес, отражающий его важность.
2. **Оцените альтернативы.** Проставьте оценки каждому варианту по всем критериям.
3. **Взвесьте оценки.** Умножьте каждую оценку на вес соответствующего критерия.
4. **Суммируйте результаты.** Сложите все взвешенные оценки для каждого варианта.
5. **Выберите лучший.** Оптимальным считается вариант с наибольшей итоговой суммой.

Суть метода: принятие решений путем количественного сравнения альтернатив на основе взвешенной суммы их оценок по ключевым критериям.



ОЦЕНКИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

МЕТОД ВЗВЕШЕННЫХ СУММ (МВС). ПРИМЕР

Представьте, что вы выбираете новый ноутбук, используя три критерия: цена (Р), производительность (R) и портативность (М).

Веса: вы решили, что производительность важнее всего, поэтому задали веса: $W_R = 0.5$, $W_M = 0.3$, $W_P = 0.2$,

Оценки: Ноутбук А: $R_A = 8$, $M_A = 7$, $P_A = 6$; Ноутбук В: $R_B = 7$, $M_B = 9$, $P_B = 5$;

Расчеты: Ноутбук А: $(8 * 0,5) + (7 * 0,3) + (6 * 0,2) = 7,3$; Ноутбук В: $(7 * 0,5) + (9 * 0,3) + (5 * 0,2) = 7,2$;

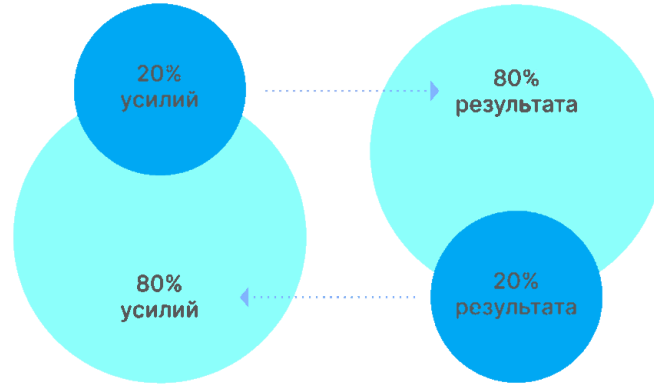
Вывод: Ноутбук А имеет более высокую взвешенную сумму (7,3) по сравнению с ноутбуком В (7,2), поэтому, согласно этому методу, он является лучшим выбором.



ОЦЕНКИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

МЕТОД ПАРЕТО-АНАЛИЗА (ПРИНЦИП ПАРЕТО)

- автор - Вильфредо Парето (1848–1923) итальянский инженер, экономист и социолог;
- принцип «состояние системы является оптимальным, если нельзя улучшить значение одного критерия, не ухудшив при этом значение другого»;



АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ:

1. **Составьте список альтернатив.** Сформируйте полный перечень всех возможных вариантов.
2. **Выявите эффективные альтернативы.** Найдите варианты, которые нельзя улучшить по одному критерию без ухудшения по другому (множество Парето).
3. **Отбросьте доминируемые (неэффективные) варианты.** Исключите из рассмотрения все заведомо проигрышные альтернативы.
4. **Сделайте окончательный выбор.** Выберите лучший вариант из эффективных с помощью дополнительных методов или экспертной оценки.

Суть метода: поэтапное сужение круга вариантов путем отбора только тех, которые не являются заведомо хуже других по всем параметрам.



ОЦЕНКИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

МЕТОД ДЕЛЬФИ

- экспертный метод, когда не подходят математические или иные методы;
- метод быстрого поиска решений, основанный на их генерации в процессе «мозговой атаки»;
- выработка консенсусного мнения путем многотуровых анонимных обсуждений.



АЛГОРИТМ ПРИМЕНЕНИЯ:

1. **Соберите группу экспертов.** Эксперты работают анонимно и независимо.
2. **Проведите первый тур.** Эксперты дают индивидуальные ответы на вопрос.
3. **Обработайте результаты.** Рассчитайте медиану и разброс оценок.
4. **Проведите повторные туры.** Предоставьте экспертам сводку результатов и аргументы коллег, попросив пересмотреть свои оценки.
5. **Повторяйте итерации.** Проводите туры до стабилизации мнений (обычно 3-4 раунда).
6. **Подведите итоги.** Примите итоговую медиану оценок в качестве коллективного решения.

Суть метода: достижение консенсуса среди экспертов через анонимные итеративные опросы со статистической обратной связью.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- рассмотрели лишь небольшую, но ключевую часть обширного арсенала методов системного анализа;
- не существует «универсального» метода, подходящего для всех задач:
 - природа системы (техническая, социальная, экономическая);
 - степень определенности проблемы;
 - доступность информации (количественные данные и экспертные оценки);
 - цели исследования (диагностика, проектирование, оптимизация).

Сила системного аналитика — в умении **осознанно комбинировать** методы для превращения хаотичной проблемы в обоснованное решение.





ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!