

Эволюция понятия «системный анализ»

- ◆ Системный подход
- ◆ Системные исследования
- ◆ Системный анализ

Этапы моделирования систем

1. Формирование основных задач, выполняемых системой
2. Описание внешней среды и основных параметров, определяющих функционирование подсистем.
3. Выбор критериев эффективности функционирования системы.
4. Построение схемы временного взаимодействия подсистем.
5. Математическое описание.

Методы описания систем

Качественные — постановка задачи, формирование вариантов, использование опыта ЛПР, его предпочтений.

Количественные — анализ вариантов, их количественные варианты корректности, точности.

Качественные методы описания систем

-
- Методы типа мозговой атаки
- Методы типа сценариев
- Методы экспертных оценок
- Методы типа «Дельфи»
- Методы типа дерева целей
- Морфологические методы

Метод морфологического ящика

Задача: предложить новую эффективную конструкцию снегохода.

Морфологические признаки:

А — двигатель, Б — движитель, В — опора кабины, Г — управление, Д — обеспечение заднего хода и т. п.

Метод морфологического ящика

двигатели: А1 — внутреннего сгорания, А2 — газовая турбина, А3 — электродвигатель, А4 — реактивный двигатель т.д.;

движители: Б1 — воздушный винт, Б2 — гусеницы, Б3 — лыжи, Б4 — снегомёт, Б5 — шнеки и т. д.;

опора кабины: В1 — опора кабины на снег, В2 — на двигатель, В3 — на движитель и т. д.;

Метод морфологического ящика

Морфологическая матрица - ящик будет иметь вид:

(А1 А2 А3 А4)

(Б1 Б2 Б3 Б4 Б5)

(В1 В2 В3)

Возможные сочетания: А1, Б3, В2 или
А1, Б2, В3, или А2, Б1, В2 и т. д.

Количественные методы описания систем

- Символический (лингвистический);
- теоретико-множественный;
- абстрактно-алгебраический;
- топологический;
- логико-математический;
- теоретико-информационный;
- динамический;
- эвристический.

Задачи принятия решений

$\langle T, A, K, X, F, G, D \rangle$

- T — постановка задачи;
- A — множество допустимых альтернативных вариантов;
- K — множество критериев выбора;
- X — множество методов измерения предпочтений;
- F — отображение множества допустимых альтернатив в множество критериальных оценок;
- G — система предпочтений эксперта;
- D — решающее правило, отражающее систему предпочтений.

Классификация ЗПР

- По виду отображения F : может иметь детерминированный, вероятностный или неопределённый вид. (Задачи в условиях риска, задачи в усл. неопределённости)
- Мощность множества K . (Задачи со скалярным критерием или векторным)
- Тип системы G . (Задачи индивидуального ПР и коллективного)

ЗПР в условиях определённости

Задачи, для решения которых имеется достаточная и достоверная количественная информация.

Применяют *методы математического программирования*.

- Задача хорошо формализована (существует объективная мат. модель).
- Существует некоторая единственная целевая функция (критерий оптимизации), позволяющая судить о качестве рассматриваемых альтернатив.
- Имеется возможность количественной оценки значений целевой функции.
- Задача имеет определённые степени свободы (ресурсы оптимизации), которые можно

Задачи в условиях неопределённости.

Характеризуются неполной, неточной, неколичественной информацией, а формальные модели либо слишком сложны, либо отсутствуют.

В таких случаях привлекают экспертов, знания которых пытаются выразить в виде некоторых количественных данных, называемых предпочтениями.

Метод анализа иерархий, методы теории нечётких множеств и др.

Задачи в условиях риска.

Возможные исходы в таких задачах можно описать с помощью некоторого вероятностного распределения.

Для решения задач привлекают *методы теории полезности (одномерной и многомерной)*.

Нетривиальность ЗПР.

ЗПР называется тривиальной, если она характеризуется исключительно одним критерием и всем альтернативам приписаны числовые оценки по данному критерию.

При наличии ситуации многокритериальности и осуществлении выбора в условиях неопределённости или риска ЗПР является нетривиальной.

Классификация методов ПР

№ п/п	Тип информации	Метод принятия решений
Экспертная информация не требуется		Метод доминирования Метод на основе глобальных критериев
Информация о предпочтениях на множестве критериев	Качественная информация	Лексикографическое упорядочение Сравнение разностей критериальных оценок
	Количественная оценка предпочтительности критериев	Метод припасовывания Методы "эффективность-стоимость" Методы свертки на иерархии критериев
	Количественная информация о замещениях	Методы порогов Методы идеальной точки Метод кривых безразличия Методы теории ценности

Информация о предпочтительности альтернатив	Оценка предпочтительности парных сравнений	Методы математического программирования Линейная и нелинейная свертка при интерактивном способе определения ее параметров
Информация о предпочтениях на множестве критериев и последствиях альтернатив	Отсутствие информации о предпочтениях; количественная и/или интервальная информация о последствиях. Качественная информация о предпочтениях и количественная о последствиях Качественная (порядковая) информация о предпочтениях и последствиях Количественная информация о предпочтениях и последствиях	Методы с дискретизацией неопределенности Стохастическое доминирование Методы принятия решений в условиях риска и неопределенности на основе глобальных критериев Метод анализа иерархий Методы теории нечетких множеств Метод практического принятия решений Методы выбора статистически ненадежных решений Методы кривых безразличия для принятия решений в условиях риска и неопределенности Методы деревьев решений

Множество Эджворта-Парето

Альтернативы	Критерии	
	Стоимость	Привлекательность, новые впечатления
1. Крым	Небольшая	Малая
2. Бразилия	Высокая	Большая
3. Индия	Небольшая	Большая

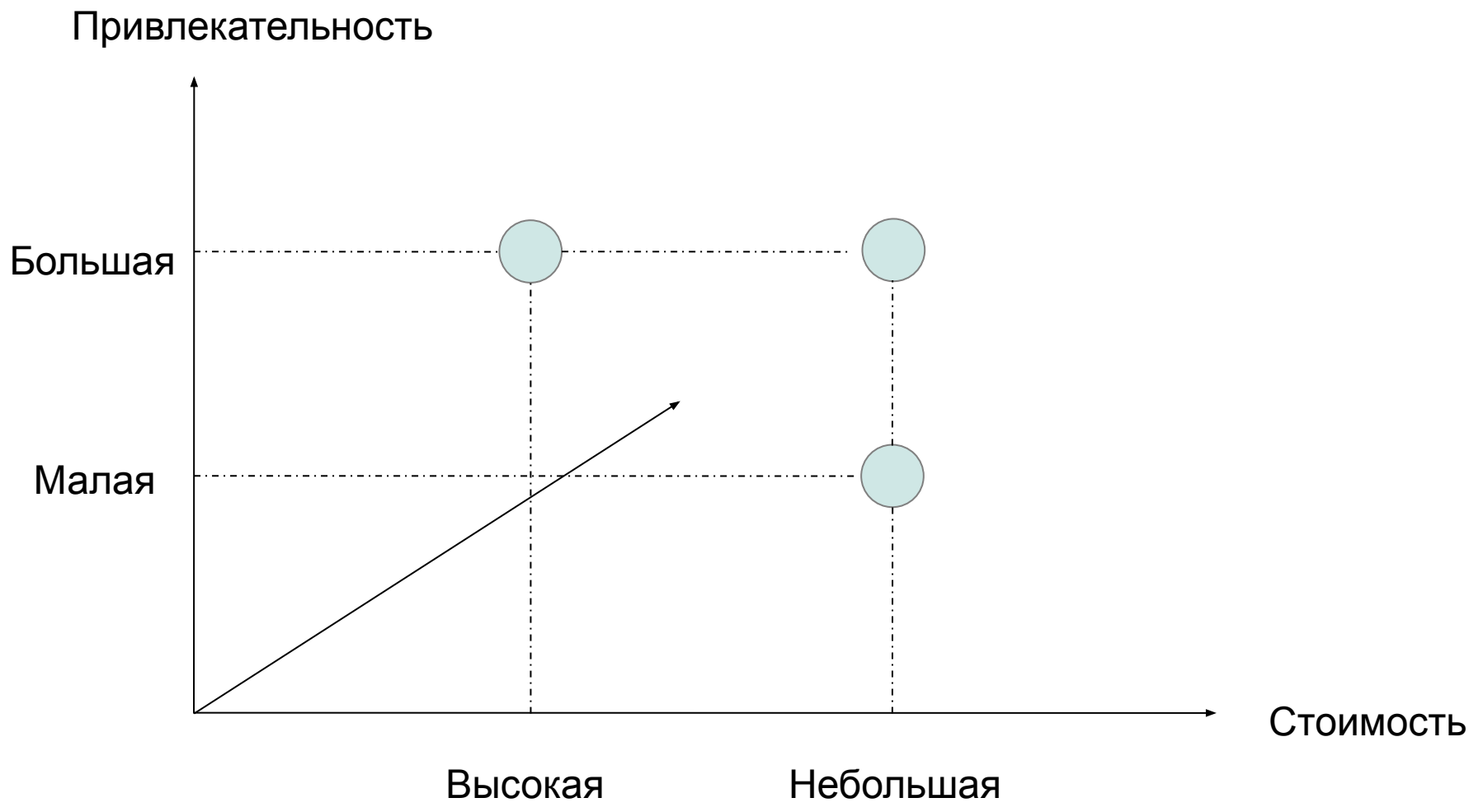
Множество Эджворта-Парето

Альтернатива называется **доминирующей**, если при сравнении её с другой альтернативой оценки по всем критериям для первой альтернативы будут **не хуже** соответствующих оценок второй альтернативы, и хотя бы **по одному критерию** первая альтернатива **лучше**.

Множество Эджворта-Парето

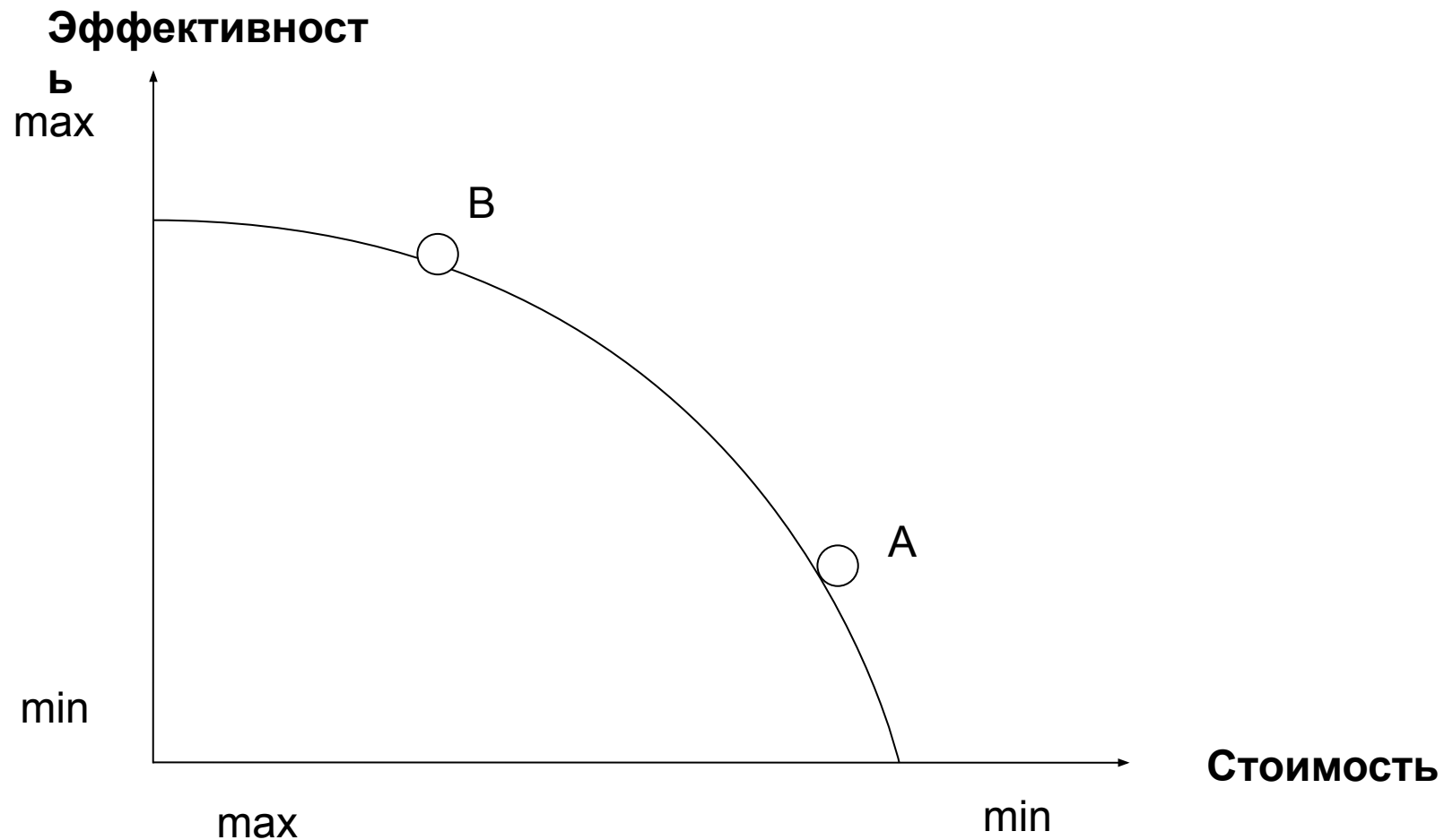
Сравним все альтернативы задачи попарно и исключим те из них, которые доминируются хотя бы одной из оставшихся альтернатив.

Оставшиеся альтернативы образуют множество **Эджворта-Парето**.



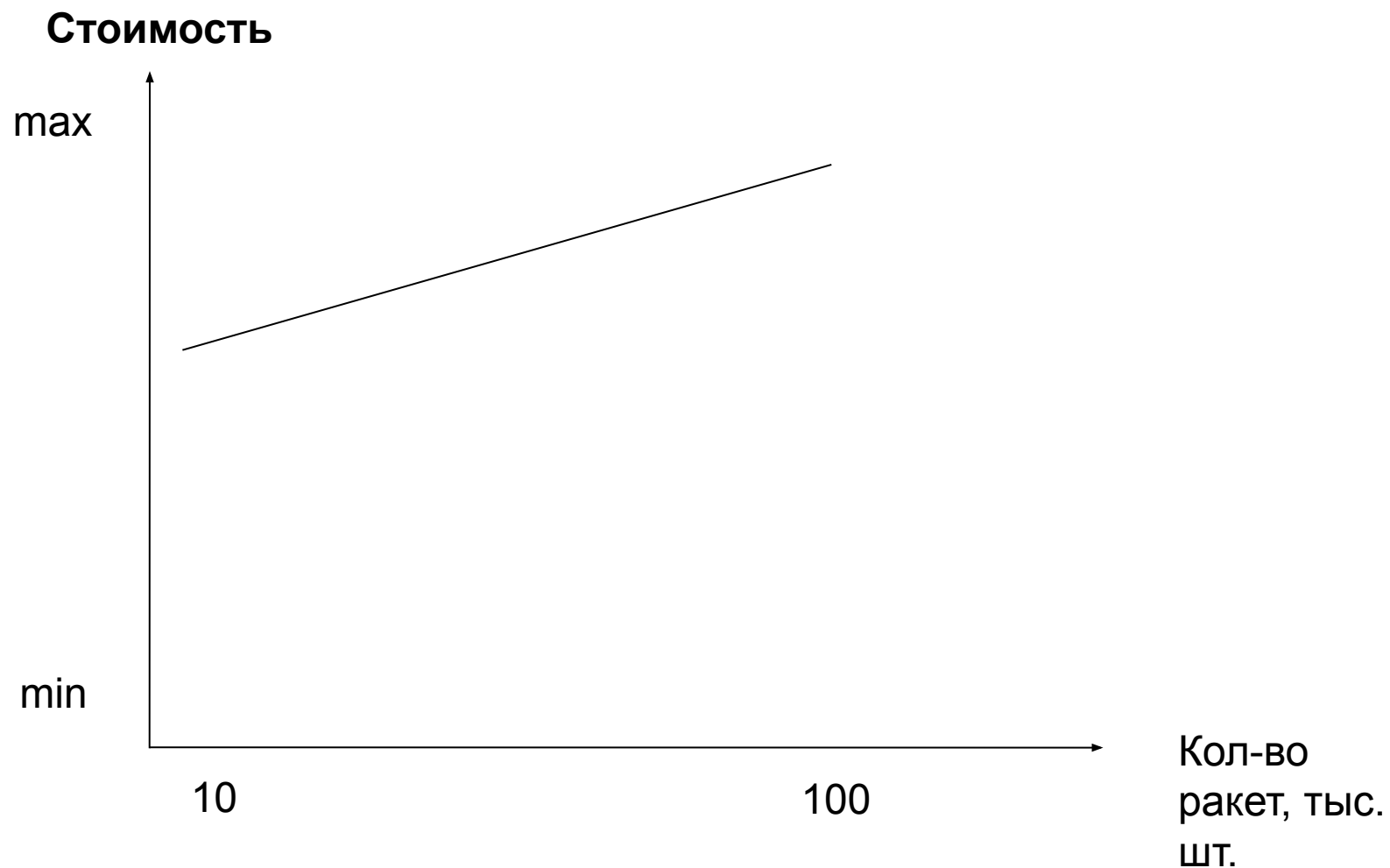
Подход стоимость-эффективность

Минобороны США: Сколько строить ракет?



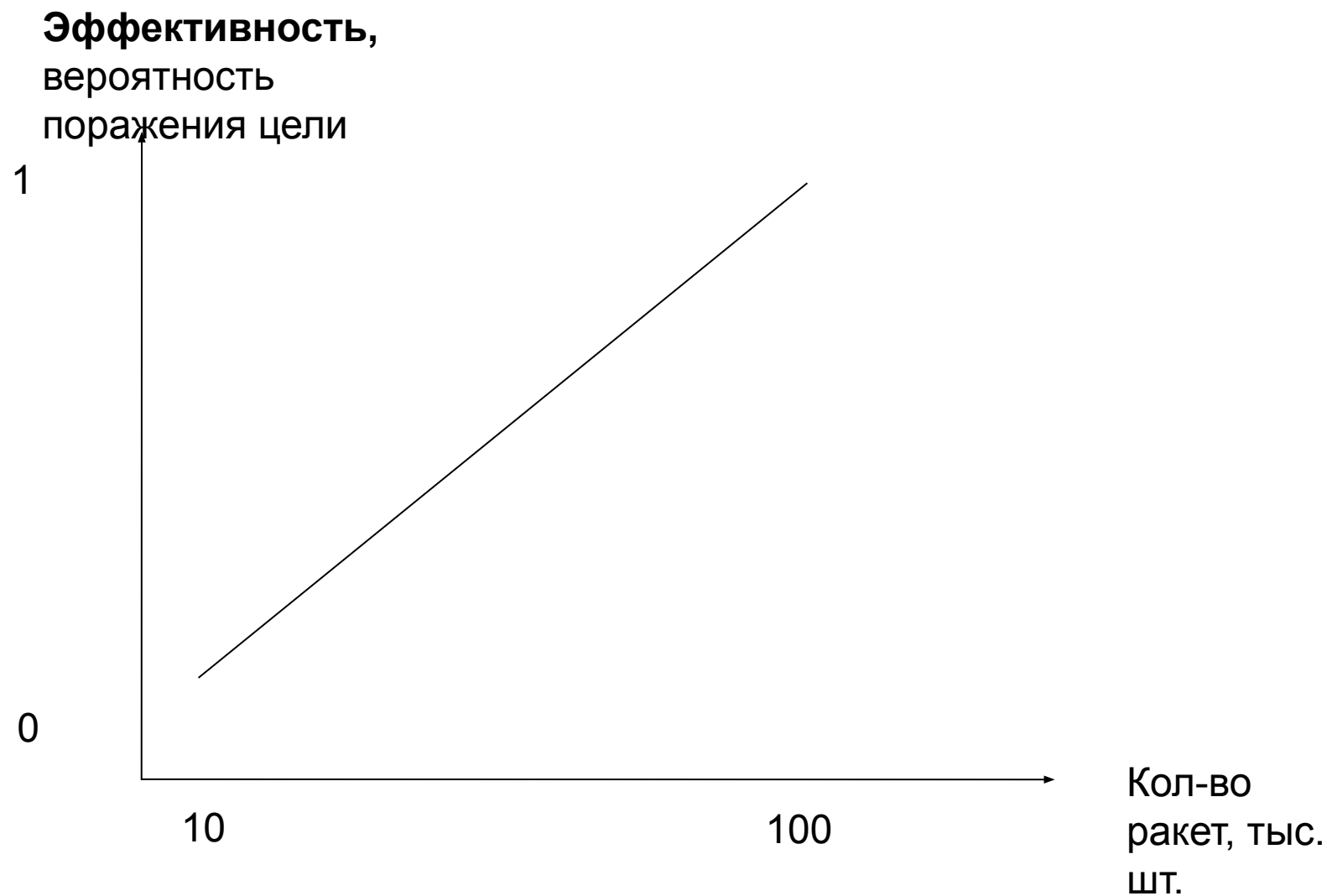
Модель стоимости

Рассматривают модели стоимости и эффективности отдельно:



Модель эффективности

Рассматривают модели стоимости и эффективности отдельно:



Модель эффективности

1. Рассматривают отношение эффективности к стоимости:

2. эффективность \longrightarrow **max**

3. **стоимость**

4. Случай бюджетных ограничений. Зафиксировать стоимость и варьировать эффективность. Выбирать альтернативу с наибольшей эффективностью среди тех, у которых стоимость не больше фиксированной.

5. **Эффективность** \longrightarrow **max**

6. Зафиксировать эффективность и выбирать количество ракет, чтобы минимизировать стоимость.

7. **Стоимость** \longrightarrow **min**

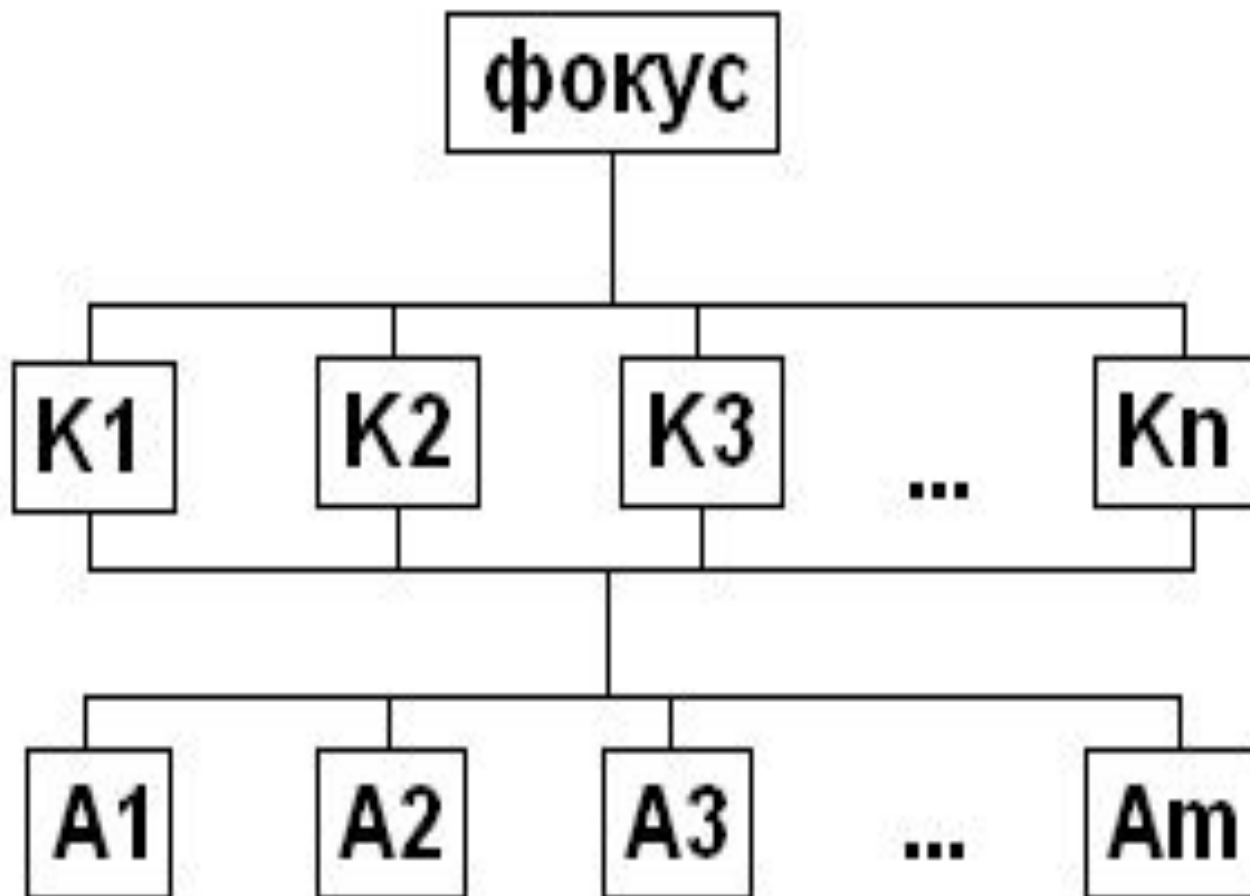
Метод анализа иерархии (МАИ)

Предполагает разбиение исследуемой системы на всё более простые составляющие части и обработку суждений лица, принимающего решения.

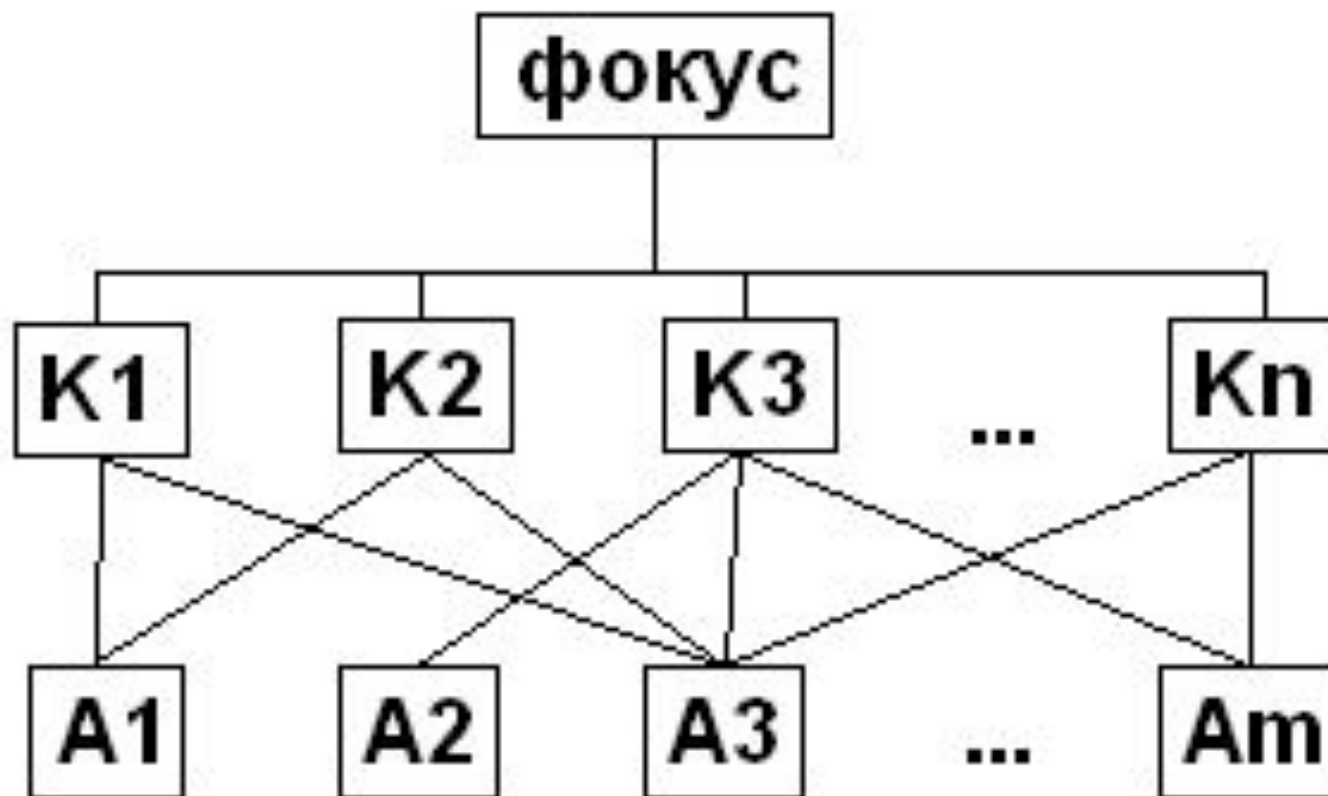
Метод анализа иерархии (МАИ)

- Представление задачи в виде **иерархии**: цель — критерии — альтернативы.
- **Первый проход по иерархии**: двигаясь по иерархии сверху — вниз, начиная с цели, производят оценку элементов уровня потомков относительно каждого из элементов-родителей. Оценки выставляют с помощью ЛПР или экспертов. Получают **векторы локальных приоритетов**.
- **Второй проход по иерархии**: на каждом шаге работают с векторами локальных приоритетов трёх соседних уровней. Сначала получают вектор глобальных приоритетов для третьего уровня, затем четвёртого, и т.д., пока не получат **глобальный приоритет альтернатив**.

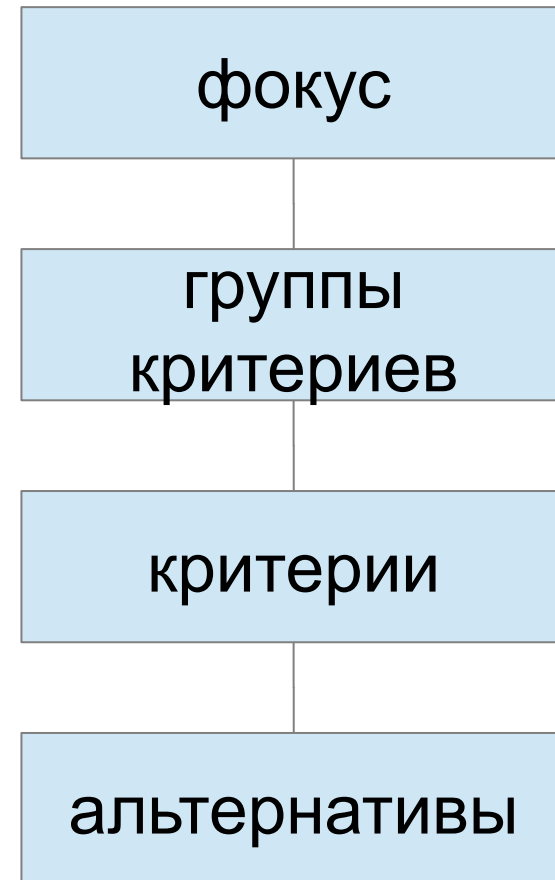
Простая иерархия — трёхуровневая полная иерархия



Пример неполной иерархии — отсутствуют связи между соседними уровнями



Примеры четырёхуровневых иерархий



Как сравнивать элементы иерархии??

Шкала отношений

Степень значимости

Определение

1

Равная значимость

3

Умеренное превосходство

5

Существенное превосходство

7

Значительное превосходство

9

Очень большое превосходство

2,4,6,8

Промежуточные значения

Матрицы парных сравнений

	E_1	E_2	...	E_n
E_1	1			
E_2		1		V_i
...			...	
E_n		$1/V_i$		1

Если элемент E_i превосходит E_j то в клетку матрицы с индексами (i,j) ставят целое число из шкалы отношений, а в клетку (j,i) ставят обратное к нему число.

локальные приоритеты

Для каждой матрицы парных сравнений рассчитывают вектор локальных приоритетов. Его можно считать либо как правый собственный вектор матрицы, либо по упрощённой схеме — как **среднее геометрическое** элементов строк:

где n – количество элементов в строке.

Полученные векторы необходимо нормировать:

Задача строительства аэропорта

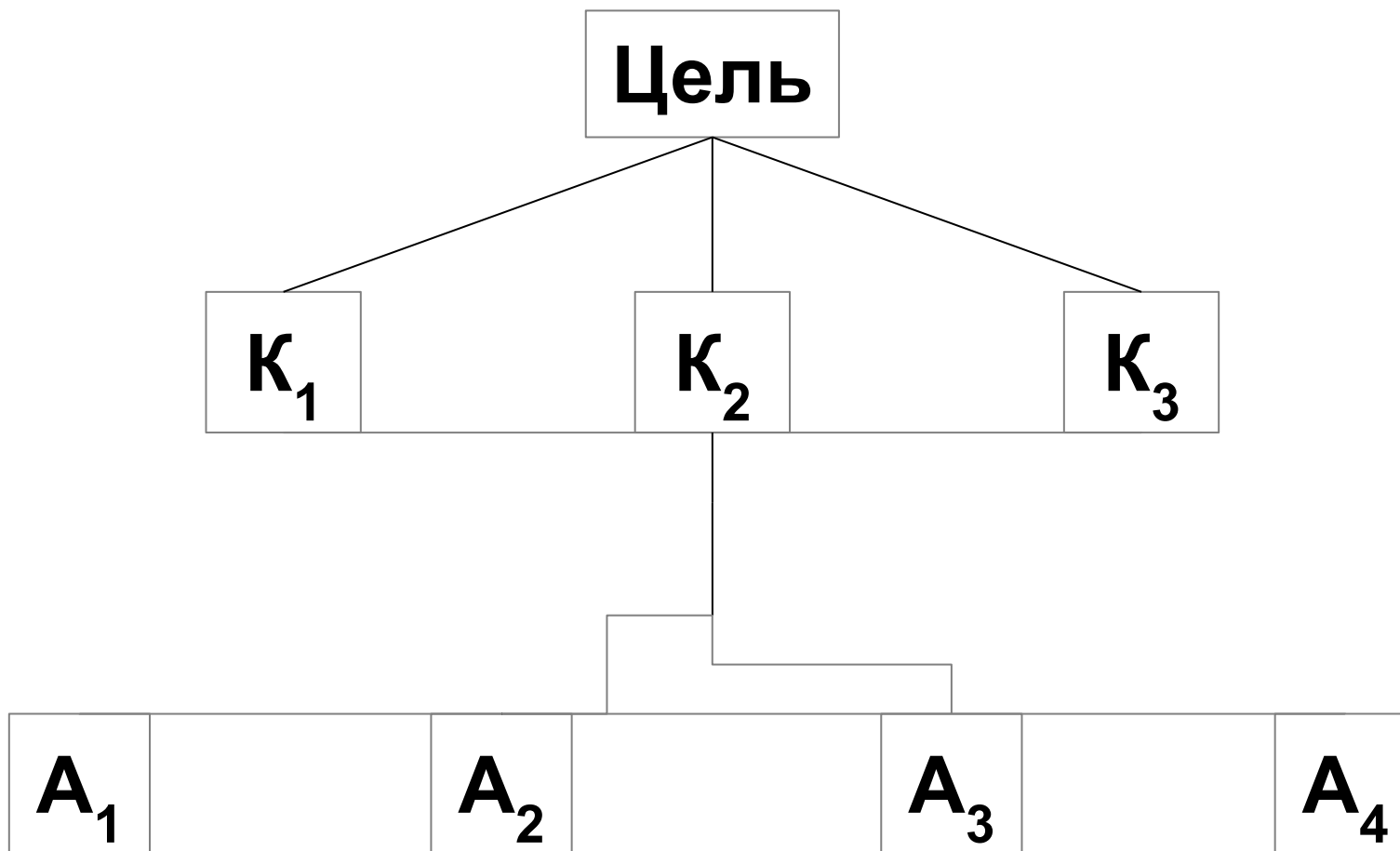
Цель строительства: обеспечить обслуживание возможно большего грузо- и пассажиропотока.

Критерии:

- стоимость строительства (K_1),
- время в пути от аэропорта до центра города (K_2),
- количество людей, подвергающихся шумовым воздействиям (K_3).

Альтернативы: площадка A_1 , площадка A_2 , площадка A_3 , площадка A_4 .

Задача строительства аэропорта



Сравнение критериев относительно цели

	K_1	K_2	K_3	ЛП	НЛП Ц
K_1	1	5	3	2,47	0,65
K_2	1/5	1	3	0,84	0,22
K_3	1/3	1/3	1	0,48	0,13

Сравнение альтернатив по критерию К1

K_1	A_1	A_2	A_3	A_4	ЛП	НЛП K_1	
A_1	1	1/5	1/7	1/9	0,23	0,04	
A_2	5	1	1/3	1/5	0,76	0,13	
A_3	7	3	1	1/3	1,63	0,27	
A_4	9	5	3	1	3,4	0,56	

Сравнение альтернатив по критерию K_2

K_2	A_1	A_2	A_3	A_4	ЛП	НЛП K_2	
A_1	1	1/9	1/5	1/7	0,23	0,05	
A_2	9	1	3	1	2,28	0,43	
A_3	5	1/3	1	1	1,14	0,22	
A_4	7	1	1	1	1,63	0,3	

Сравнение альтернатив по критерию K_3

K_3	A_1	A_2	A_3	A_4	ЛП	НЛП K_3	
A_1	1	3	5	9	3,4	0,56	
A_2	1/3	1	3	7	1,63	0,27	
A_3	1/5	1/3	1	5	0,76	0,13	
A_4	1/9	1/7	1/5	1	0,23	0,04	

Синтез глобальных приоритетов

	НЛП K_1	НЛП K_2	НЛП K_3	НЛП Ц	ГПА
A_1	0,04	0,05	0,56	0,65	0,11
A_2	0,13	0,43	0,27	*	= 0,215
A_3	0,27	0,22	0,13	0,13	0,241
A_4	0,56	0,3	0,04		0,431

Синтез глобальных приоритетов

$$V(A_1) = 0,65 * 0,04 + 0,22 * 0,05 + 0,13 * 0,56 = 0,11$$

$$V(A_2) = 0,65 * 0,13 + 0,22 * 0,43 + 0,13 * 0,27 = 0,215$$

$$V(A_3) = 0,65 * 0,27 + 0,22 * 0,22 + 0,13 * 0,13 = 0,241$$

$$V(A_4) = 0,65 * 0,56 + 0,22 * 0,3 + 0,13 * 0,04 = 0,431$$