

# Вероятностные методы строительной механики и теория надежности строительных конструкций

Лекция N Черновик

Кафедра СМиМ

2019

# План

Метод экспертных оценок  
Попарное сравнение

Анализ дерева отказов (Fault tree analysis (FTA))

Анализ дерева событий

# Outline

Метод экспертных оценок

Попарное сравнение

Анализ дерева отказов (Fault tree analysis (FTA))

Анализ дерева событий

# Метод экспертных оценок

- ▶ Требуется принять решение в условиях когда нет подходящего формального метода для объективной оценки  
Например выбрать из несколько проектов лучший
- ▶ Для оценки привлекаются эксперты
- ▶ Каждый эксперт даёт числовую оценку каждому из вариантов или ранжирует их от лучшего к худшему
- ▶ Требуется на основе оценок нескольких экспертов сформировать общие оценки для каждого из вариантов

# Метод экспертных оценок

Что оценивать?

- ▶ Проекты
- ▶ Стратегические решения
- ▶ Критерии (ранжирование критериев в порядке убывания значимости)
- ▶ ...

# Метод экспертных оценок

Как оценивать варианты?

- ▶ **Ранжирование** - расположение объектов в порядке возрастания (убывания) какого-либо признака

Эксперт может сказать, что один вариант лучше другого, но не в состоянии сказать на сколько (или во сколько) раз лучше

# Метод экспертных оценок

## Как оценивать варианты?

- ▶ **Ранжирование** - расположение объектов в порядке возрастания (убывания) какого-либо признака

Эксперт может сказать, что один вариант лучше другого, но не в состоянии сказать на сколько (или во сколько) раз лучше

- ▶ **Попарное сравнение** - сравнение объектов попарно. Рассматриваются все возможные пары
- ▶ **Непосредственная оценка** - каждому объекту даётся оценка в баллах.

# Метод экспертных оценок

## Шкалы

- ▶ Порядковая шкала (отношение лучше-хуже, упорядочение объектов). Обычно представляется рангом.
- ▶ Шкала количественных признаков. По значению можно понять, на сколько или во сколько раз один объект лучше другого.

Какая из шкал удобнее для человека?



# Метод экспертных оценок

## Шкалы

К какой шкале относится ... ?

- ▶ оценка студента на экзамене
- ▶ результат сдачи ЕГЭ
- ▶ оценка выступления в фигурном катании
- ▶ Оценка фильма на imdb
- ▶ Порядок финиширования биатлонистов

# Матрица оценок

- ▶ Оцениваются  $m$  объектов
- ▶ В оценке участвуют  $n$  экспертов
- ▶ Каждый эксперт выставляет оценку каждому объекту
- ▶ Из оценок строится матрица

	1	2	...	$j$	...	$m$
1	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1j}$	...	$a_{1m}$
2	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2j}$	...	$a_{2m}$
...	...	...	...	...	...	...
$i$	$a_{i1}$	$a_{i2}$	...	$a_{ij}$	...	$a_{im}$
...	...	...	...	...	...	...
$n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$	...	$a_{nj}$	...	$a_{nm}$

# Способы сравнения

Как дать общую оценку?

- ▶ Среднее арифметическое

$$\bar{a}_i = \sum_{j=1}^{j=m} a_{ij} / N$$

# Способы сравнения

Как дать общую оценку?

- ▶ Среднее арифметическое

$$\bar{a}_i = \sum_{j=1}^{j=m} a_{ij} / N$$

- ▶ Ранг по сумме баллов

# Способы сравнения

Как дать общую оценку?

- ▶ Среднее арифметическое

$$\bar{a}_i = \sum_{j=1}^{j=m} a_{ij} / N$$

- ▶ Ранг по сумме баллов

- ▶ Медиана

хорошо подходит как для порядковых так и количественных шкал

# Оценка согласованности мнения экспертов

- ▶ Оценки экспертов можно рассматривать как случайную величину
- ▶ Тогда если используется *количественная шкала* то для оценки согласованности можно использовать коэффициент вариации оценок экспертов

# Оценка согласованности мнения экспертов

- ▶ Если применялась ранговая шкала, то для оценки согласованности используется коэффициент согласия (дисперсионный коэффициент конкордации)

$$W = \frac{12 \cdot S}{n^2(m^3 - m)}$$

m - число объектов

n - число экспертов

$$S = \sum_{i=1}^m i = m \left( \sum_{j=1}^n r_{ij} s - \bar{r} \right)$$

$r_{ij} s$  - сумма оценок всех экспертов для i-го объекта;

$\bar{r} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n$  - средняя сумма оценок для -го объекта;

# Оценка согласованности мнения экспертов



$$0 \leq W/1$$

- ▶  $W = 1$ . Мнения идеально согласованы. Все оценки экспертов одинаковы. Эксперты сговорились?
- ▶  $W = 0$ . Мнения не согласованы. Требуется уточнить исходные данные.
- ▶ Можно считать что для достаточной согласованности  $W > 0.5$



# Оценка согласованности мнения экспертов

## Пример

$O_i \backslash \mathcal{E}_j$	$\mathcal{E}_1$	$\mathcal{E}_2$	$\mathcal{E}_3$	$\mathcal{E}_4$	$\mathcal{E}_5$
$O_1$	1	2	1,5	1	2
$O_2$	2,5	2	1,5	2,5	1
$O_3$	2,5	2	3	2,5	3
$O_4$	4	5	4,5	4,5	4
$O_5$	5	4	4,5	4,5	5,5
$O_6$	6	6	6	6	5,5

# Outline

Метод экспертных оценок  
Попарное сравнение

Анализ дерева отказов (Fault tree analysis (FTA))

Анализ дерева событий

## Попарное сравнение

- ▶ Требуется сравнить  $n$  объектов
- ▶ Объекты трудно ранжировать
- ▶ Но просто сравнивать попарно

## Попарное сравнение

- ▶ Требуется сравнить  $n$  объектов
- ▶ Объекты трудно ранжировать
- ▶ Но просто сравнивать попарно

Во время оценивания строится матрица:

	1	2	...	j	...	n
1	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1j}$	...	$a_{1n}$
2	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2j}$	...	$a_{2n}$
...	...	...	...	...	...	...
i	$a_{i1}$	$a_{i2}$	...	$a_{ij}$	...	$a_{in}$
...	...	...	...	...	...	...
n	$a_{n1}$	$a_{n2}$	...	$a_{nj}$	...	$a_{nn}$

где  $a_{ij}$  - сравнение  $i$ -го объекта с  $j$ -ым.

$a_{ij} = 0$  если  $i$ -й хуже;

$a_{ij} = 1$  если  $i$ -й равен  $j$ -му;

$a_{ij} = 2$  если  $i$ -й лучше;

Можно предусмотреть и другие значения для  $a_{ij}$ , например если отбросить вариант равенства объектов

# Попарное сравнение

## Пример

Thermal Systems Pairwise Chart						
Goal	Up to Standard	Economical /Efficient	Soundproof	Eco-Friendly	Aesthetics	Score
Up to Standard		1	1	1	1	4
Economical /Efficient	0		1	1	1	3
Soundproof	0	0		0	0	0
Eco-Friendly	0	0	1		0	1
Aesthetics	0	0	1	1		2

Сравнение важности критериев. В столбце Score приведена общая оценка критерия.

# Outline

Метод экспертных оценок  
Попарное сравнение

Анализ дерева отказов (Fault tree analysis (FTA))

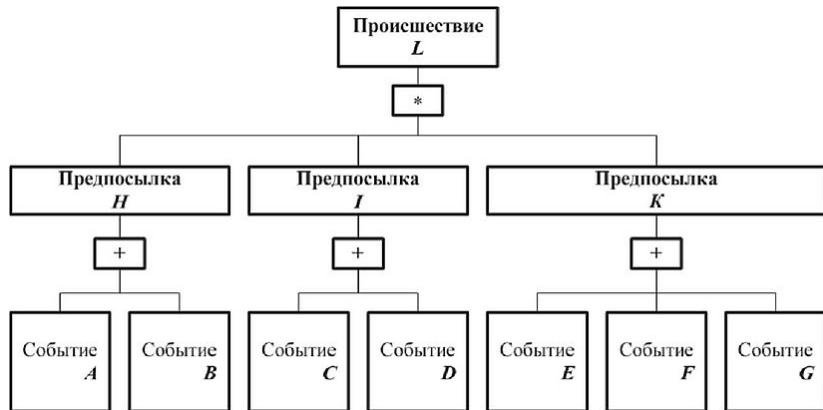
Анализ дерева событий

# Анализ дерева отказов (Fault tree analysis (FTA))

**Анализ дерева отказов (Fault tree analysis (FTA))** - метод анализа отказов сложных систем, в котором нежелательные состояния или отказы системы анализируются с помощью методов булевой алгебры, объединяя последовательность нижестоящих событий (отказов низшего уровня), которые приводят к отказу всей системы.

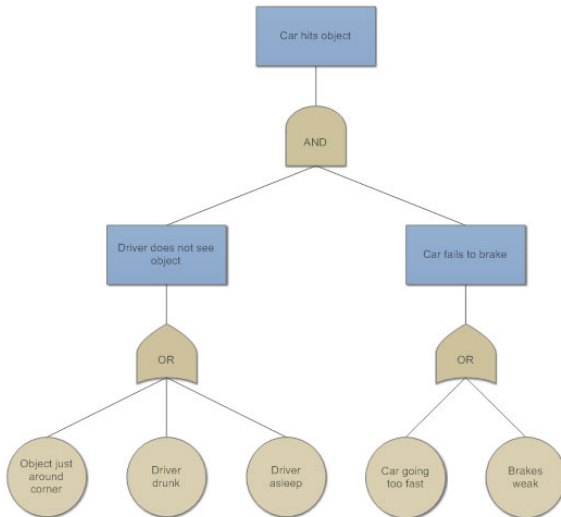
Условные обозначения - <http://statistica.ru/knowledge-clusters/technical-sciences/analiz-dereva-otkazov/>

# Анализ дерева отказов (Fault tree analysis (FTA))





# Анализ дерева отказов (Fault tree analysis (FTA))



# Анализ дерева отказов (Fault tree analysis (FTA))

Как определить вероятность отказа если заданы вероятности всех исходных событий?

# Outline

Метод экспертных оценок  
Попарное сравнение

Анализ дерева отказов (Fault tree analysis (FTA))

Анализ дерева событий

# Анализ дерева событий

**Анализ дерева событий** (event tree analysis, ETA) АДС - алгоритм построения последовательности событий, исходящих из основного события (аварийной ситуации). Используется для анализа развития аварийной ситуации.

### Пример

◀ ◻ ▶ ◀ ◻ ▶ ◀ ≡ ▶ ◀ ≡ ▶ ≡

# Анализ дерева событий

Как вычислить вероятность появления одного из конечных событий?

Материалы курса

[github.com/VetrovSV/ST](https://github.com/VetrovSV/ST)