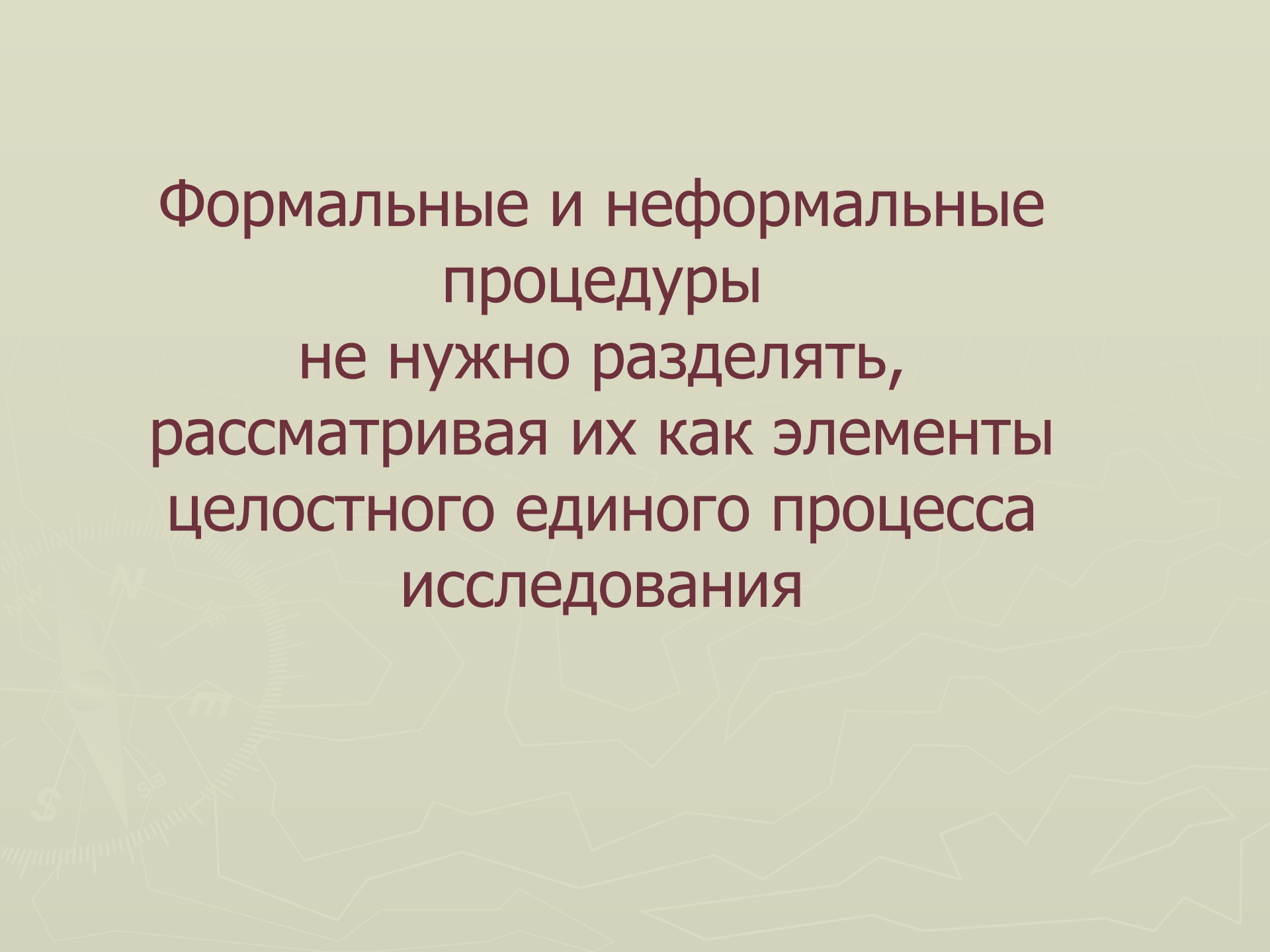


# Эвристические процедуры в ПР



# Проблема объединения математических и неформальных методов анализа

Математика делает однозначными,  
строго обоснованными  
любые следствия из исходных посылок.  
Но исходные посылки – аксиомы –  
проистекают из гипотез, которые возникают  
как результат неформального мышления,  
как обобщение опыта и наблюдений.



Формальные и неформальные  
процедуры  
не нужно разделять,  
рассматривая их как элементы  
целостного единого процесса  
исследования

Традиционными процедурами использования коллективного опыта в ПР (выработать общий подход к проблеме, направление дальнейших исследований и т.д.) являются различные **экспертизы, консилиумы, совещания, круглые столы...**

- ▶ Однако мнение большинства отражает некоторую среднюю точку зрения (референдум, голосование).
- ▶ Неординарное решение найти методом опроса **нельзя**

# Анализ проблемы

начинается с построения модели:

- систематизация поступающей информации
- связывание различных явлений в целостное внутреннее представление

# Эвристическая модель

Невозможно указать или сформировать  
количественные показатели,

измерить их

или строго описать взаимосвязи между  
ними

из-за слабой изученности или очень  
высокой сложности задачи

# Эвристический анализ

Определение процедуры проведения Э

Проведение Э и получение оценок

Обработка оценок

Интерпретация результатов



# Экспертная информация

присутствует

в матрицах решений,

в оценках альтернатив по критериям,

в коэффициентах относительной важности критериев,

в оценках последствий,

в выборе стратегий поведения,....

# Экспертизы

- ▶ **Простые:**

позволяет Э. легко ответить на поставленный вопрос

- ▶ **Сложные:**

с помощью принципа декомпозиции приводятся к простым

# Этапы проведения экспертиз

- ▶ Идентификация объектов Э.
- ▶ Выбор критерия оценки объектов и формулирование вопроса, раскрывающего этот критерий Эксперту
- ▶ Разработка и описание шкалы оценок
- ▶ Выбор способа оценивания
- ▶ Обработка экспертных оценок

# Оценивать можно все:

- ▶ Цели – по важности, ситуации – по вероятности, факторы – по степени влияния,...
- ▶ Анализ структуры рынка, конъюнктуры,...
- ▶ Анализ качества: продукции, знаний, проектов, решений, ...
- ▶ Оценка последствий применения упаковочных материалов, выпуска продукции ...
- ▶ Конкурсное распределение средств и работ, выделение кредитов, выбор инвестиционных проектов
- ▶ Выработка политики (внешней, налоговой, строительной и т.д.)

# Формулирование вопроса

Эксперт не видит всей подготовки Э

По форме:

**открытые** – ответ может быть дан в любой форме

**закрытые** – в формулировке содержатся варианты возможных альтернативных ответов и надо выбрать один из них

# Прямые и косвенные

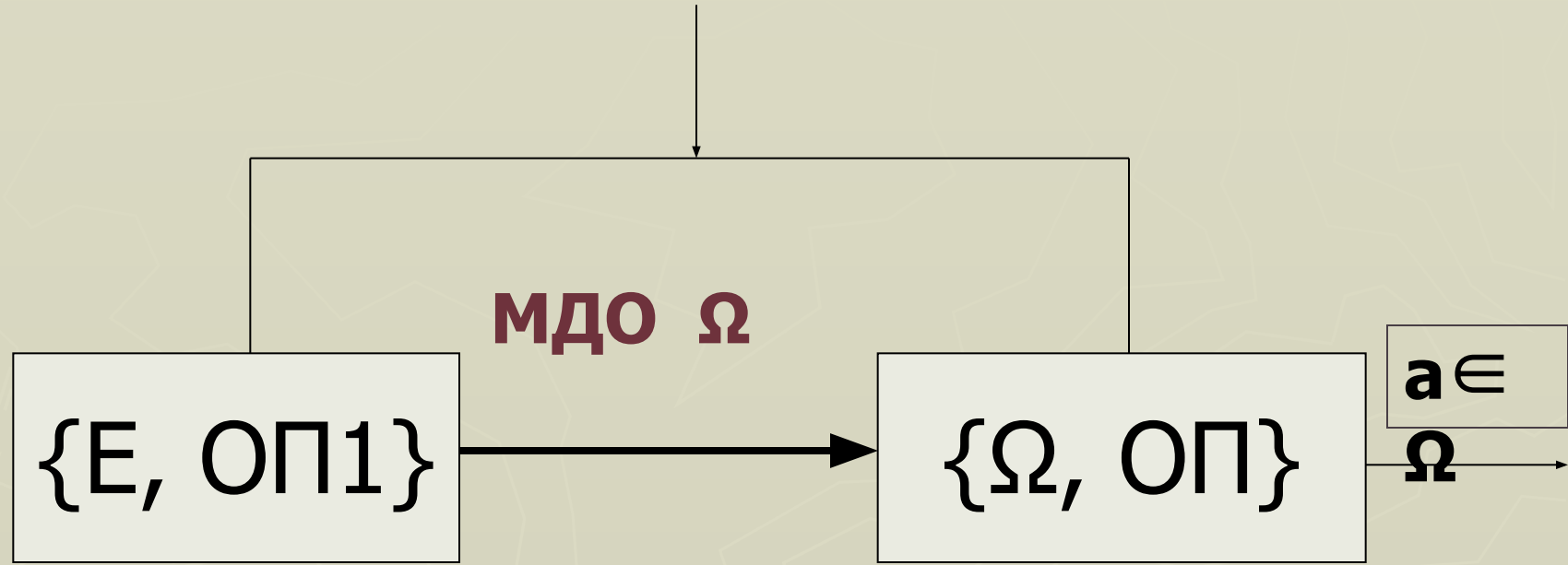
## Косвенные

используются, чтобы замаскировать цель Э,  
когда нет уверенности,

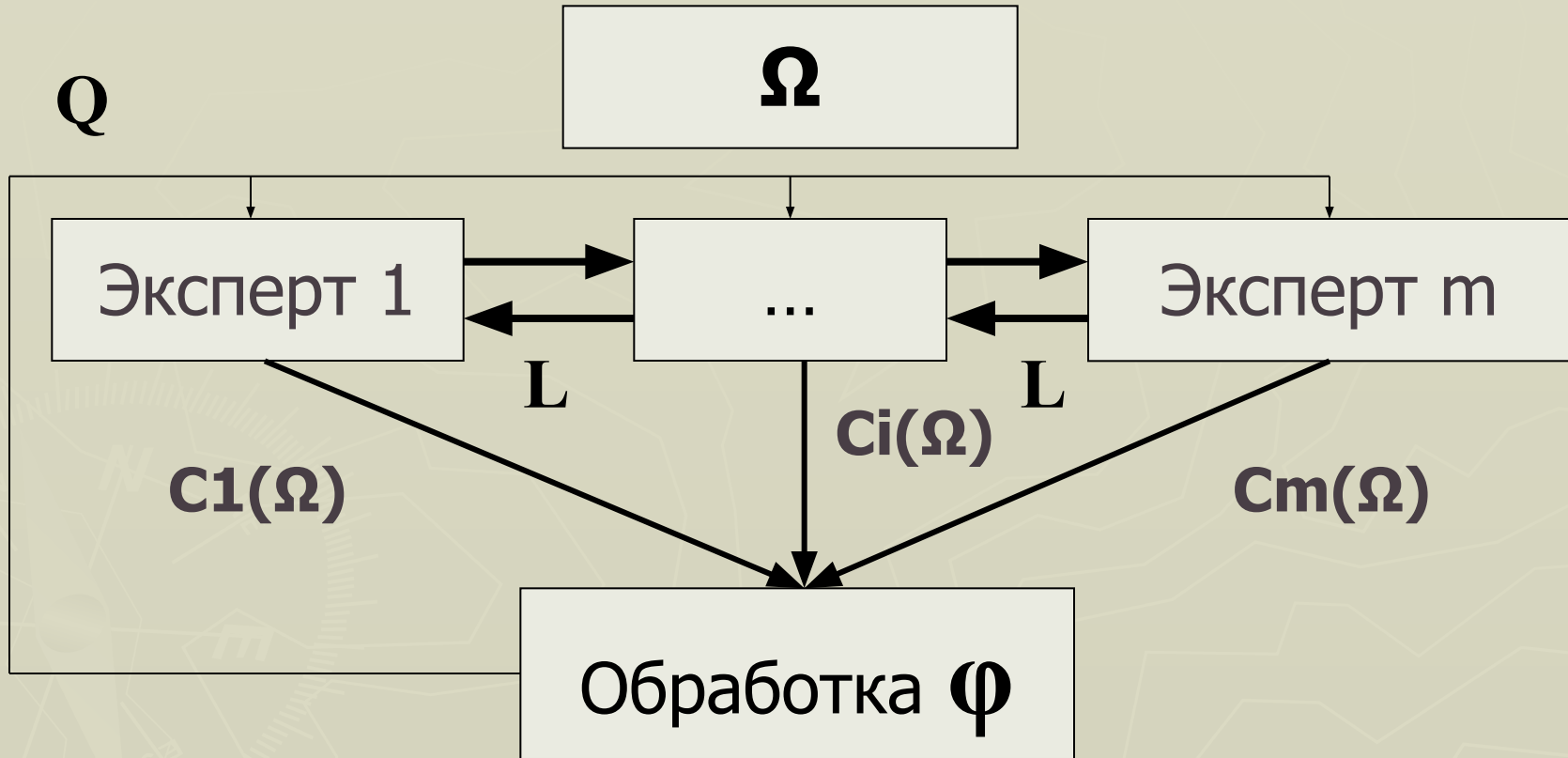
что Э. не заинтересован в объективном  
освещении проблемы или

что он захочет дать информацию

# Оценивание



# Оценивание





# Взаимодействие между Экспертами *L*

- 1) эксперты могут свободно обмениваться информацией друг с другом;
- 2) обмен информацией между экспертами регламентирован;
- 3) эксперты изолированы друг от друга;

# Схема типа **круглого стола**

- ▶ Взаимодействие между экспертами **не регламентируется**
- ▶ Экспертная группа собирается для определения **общего мнения.**
- ▶ Такая обстановка способствует созданию **творческой атмосферы**, так как эксперты будут обогащаться идеями друг друга.
- ▶ ***Отрицательные стороны:***  
**повышенные требования к экспертам:**  
умение высказывать мнение, не зависящее от мнения большинства;  
способность отказаться от своего мнения, если оно окажется неверным.

# Метод мозговой атаки

▶ *Регламентация общения экспертов в схеме круглого стола:*

в течение определенного промежутка времени **любое высказанное мнение не подлежит обсуждению и не может быть отвергнуто**. За это время каждый из экспертов успевает **хорошо обдумать высказанное другим мнение**, и принятие или отклонение этого мнения имеет в этом случае большую обоснованность.

# Эксперты изолированы

Каждый высказывает свое мнение независимо от других (*решает свою задачу выбора*).

При этом используют *статистические методы обработки экспертной информации*, поскольку оценки отдельных экспертов можно рассматривать как *независимые реализации случайной величины*

# Обратная связь в экспертизе

Каждому Э предъявляют результирующую оценку, возможно, вместе с другой информацией.

Эксперты уточняют свои оценки, после чего процедура повторяется снова, до тех пор, пока не будет получена удовлетворяющая исследователя ***согласованность оценок***

# Метод Дельфы

- ▶ Эксперты отвечают на ряд вопросов и свои ответы аргументируют.
- ▶ Исследователь изучает ответы Э и определяет их согласованность.
- ▶ Если мнения экспертов *недостаточно согласованы*, то он сообщает каждому из них дополнительные сведения о системе, а также ответы на поставленные вопросы и аргументацию других членов экспертной группы.
- ▶ С учетом вновь полученной информации эксперты снова отвечают на поставленные вопросы.

# 1 МДО - множество допустимых оценок

$$\Omega = \{0,1\}$$

Соответствующая *задача попарного сравнения* заключается в выявлении лучшего из двух имеющихся объектов *a* и *b*.

При этом

$$c(\Omega) = \begin{cases} 1, & \text{если } a \text{ лучше } b \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

## 2 Ранжирование

$$\Omega = \{1, 2, \dots, n\}$$

упорядочивание  $n$  объектов по убыванию (возрастанию) значения некоторого признака

**МДО экспертов** состоит из перестановок длины  $n$

$$C(\Omega) = \langle i_1, i_2, \dots, i_n \rangle,$$

где  $i_j$  - номер  $j$ -го объекта при упорядочении



# 3 Классификация

$$\Omega = \{1, \dots, l\}$$

отнесение заданного элемента  $X$  одному из  $l$  непересекающихся подмножеств  $S_1, \dots, S_l$ .

$$C(\Omega) = i, \text{ если } x \in S_i$$

# 4 Числовые оценки

$$\Omega = E_m$$

сопоставление системе одного или нескольких чисел

$$C(\Omega) = a,$$

если оценкой системы является вектор  $a \in E_m$

# Примеры сложных экспертиз

Метод дерева целей

Метод решающих матриц

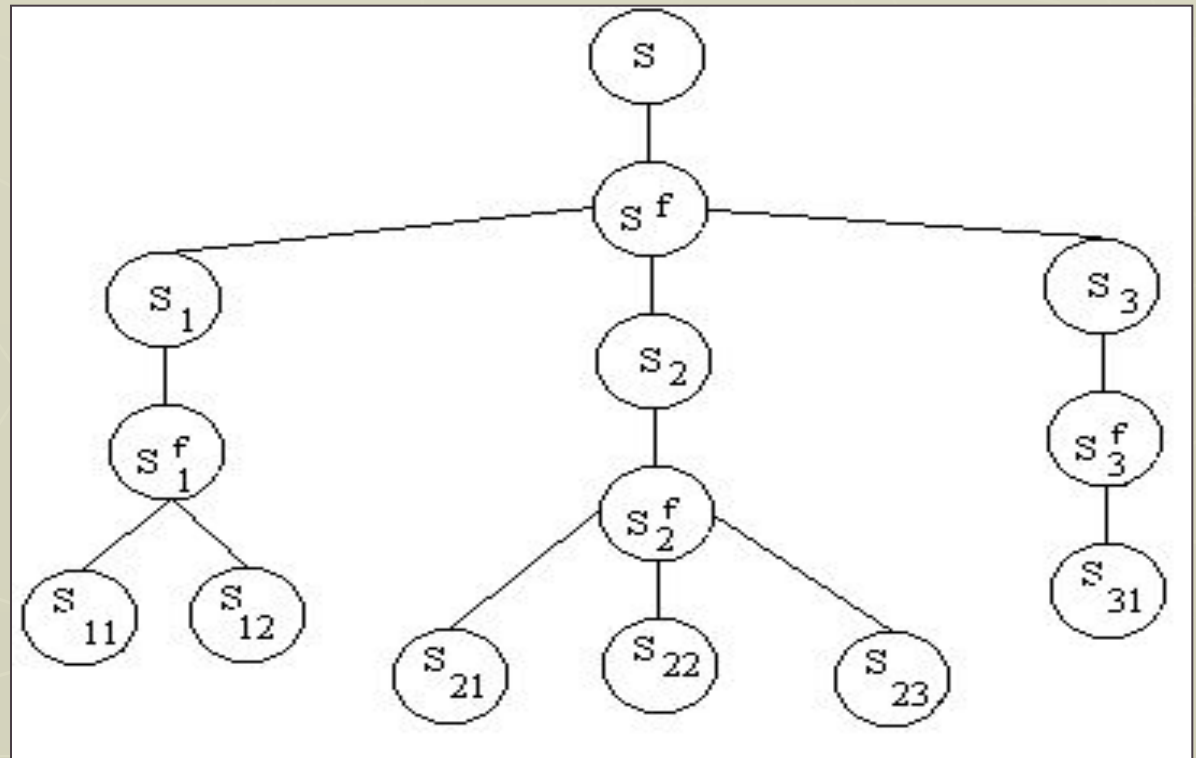
Метод анализа иерархий

# Метод дерева целей

Задача прогнозирования ситуаций (научных, технических, политических и т.д.)

$S$  – заключительное событие

$$S_f = f(S_1, S_2, \dots, S_k)$$



# Метод решающих матриц

Задача распределения ассигнований на фундаментальные исследования:

**как оценить существующее в стране распределение средств на исследования фундаментального характера и свести к минимуму субъективный элемент.**

Интересы общества должны быть представлены в форме некоторого

**перечня целей,**

который и является отправной точкой всей работы

# Перечень научных целей

→

$\alpha$  - это вектор с компонентами

$$\alpha_i \quad (i = \overline{1, n_\alpha})$$

$$\sum_{i=1}^{n_\alpha} \alpha_i = 1$$

# Разделение исследовательских работ

- ▶ опытно-конструкторские разработки
- ▶ прикладные и
- ▶ фундаментальные исследования

# Перечень опытно-конструкторских разработок $\vec{\beta}$

Задача - построение матрицы значимости опытно-конструкторских работ

$$A^{\beta} = \left( \alpha_{ij}^{\beta} \right)$$

$$\sum_j \alpha_{ij}^{\beta} = 1 \quad \beta_i = \sum_j \alpha_{ij}^{\beta} \alpha_j$$

$\beta_i$  - вес опытно-конструкторской разработки



$$\vec{\beta} = A^{\beta} \vec{\alpha}$$

- отображение множества

**научно-технических целей**

на множество

**опытно-конструкторских**

**разработок**

# Перечень исследований прикладного характера $Y$

$A^\gamma$

- матрица значимости прикладных исследований для обеспечения опытно-конструкторских разработок

$$\vec{\gamma} = A^\gamma \vec{\beta}$$

# Направления фундаментальных исследований

$$\vec{\delta} = A^{\delta} \vec{\gamma}$$

- отображение множества прикладных исследований на множество фундаментальных исследований,

$$\vec{\delta} = A^{\delta} A^{\gamma} A^{\beta} \vec{\alpha}$$

# Методы обработки экспертной информации

## Статистические методы:

отклонение оценок экспертов от истинных происходит в силу случайных причин;

**задача** в том, чтобы восстановить это истинное значение с наименьшей погрешностью

## Алгебраические методы:

на множестве допустимых оценок  $\Omega$  задается *расстояние*, и **результатирующая оценка** определяется как оценка, сумма расстояний от которой до оценок экспертов минимальна

# Статистические методы

- ▶ Статистические методы позволяют определить ***согласованность мнений*** экспертов, ***значимость*** полученных ***оценок*** и т.д.
- ▶ Степень согласованности указывает на качество результирующей оценки.
- ▶ Методы получения результирующих оценок различаются в зависимости от решаемой **задачи оценивания**.

# Числовые оценки

Э1:  $\Omega = E1$ ;

L - эксперты изолированы;

Q - обратная связь отсутствует;

$$a = \varphi(x_1, \dots, x_m) = \frac{\sum_{i=1}^m x_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^m \alpha_i}$$

# Числовые оценки

Степенью согласованности мнений экспертов в экспертизе Э1 служит дисперсия:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (a - a_i)^2 \alpha_i}{\sum_{i=1}^m \alpha_i}$$

# Статистическая значимость

$$\bar{a} - \Delta \leq a \leq \bar{a} + \Delta$$

$$\Delta = \frac{t\sigma}{\sqrt{m}}$$



# *Ранжирование*

Задача состоит в сопоставлении оцениваемой системе одной перестановки

Э2:

$\Omega$  - множество всех перестановок;

L – эксперты изолированы;

Q – обратная связь отсутствует.

Эксперты	Объекты			
	1	2	...	n
1	$r_{11}$	$r_{12}$	...	$r_{1n}$
2	$r_{21}$	$r_{22}$	...	$r_{2n}$
...	...	...	...	...
m	$r_{m1}$	$r_{m2}$	...	$r_{mn}$
<b><math>\Sigma</math> рангов</b>	<b><math>r_1</math></b>	<b><math>r_2</math></b>	<b>...</b>	<b><math>r_n</math></b>

# Коэффициент конкордации W

$$W = \frac{12 \sum [r_i - \frac{1}{2}m(n+1)]^2}{m^2 (n^3 - n)}$$

# Задача попарного сравнения

►  $A = (a_{ij})$  – множество всех матриц, где

$$a_{ij} \in \{0,1\},$$

$$a_{ij} + a_{ji} = 1 \quad (i \neq j),$$

$$a_{ii} = 0 \quad (i = 1, n)$$

$$A = (a_{qt}) = \sum_{j=1}^m A^j$$

# Алгебраический метод

Задача состоит в сопоставлении системе нестрогой ранжировки

Для ее решения используется экспертиза ЭЗ:

$\Omega$  - множество всех нестрогих ранжировок  $n$  объектов;

$L$  – эксперты изолированы;

$Q$  – обратная связь отсутствует

# Результирующая оценка

$$A_0 = \min_{A \in \Omega} \sum_{i=1}^N d(A, A^i)$$

# Матрица A

$A = (a_{ij})$ , в которых

$a_{ij} = 1$  тогда и только тогда, когда  $i$ -ый объект предшествует  $j$ -му;

если объекты  $i$  и  $j$  равноценны, то  $a_{ij} = 0$ ;

кроме того,

$a_{ii} = 0$  ( $i=1, n$ );

$a_{ij} = 1 \Rightarrow a_{ji} = -1$ .

# Расстояние $d$ между ранжировками

- 1)  $d(A,B) \geq 0$ , причем  $d(A,B) = 0$  тогда и только тогда, когда  $A=B$ .
- 2)  $d(A,B) = d(B,A)$ .
- 3)  $d(A,B)+d(B,C) \geq d(A,C)$ , причем равенство достигается тогда и только тогда, когда  $B$  находится между  $A$  и  $C$ .
- 6) Минимальное положительное расстояние между ранжировками равно единице.



# Расстояние

$$d(A, B) = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1} |a_{ij} - b_{ij}|$$

# Пример

$$A = \langle x, y, z \rangle, B = \langle x, y, z \rangle, C = \langle y, x, z \rangle.$$

$$A = B = \begin{vmatrix} 0 & I & I \\ -I & 0 & I \\ -I & -I & 0 \end{vmatrix} \quad C = \begin{vmatrix} 0 & -I & I \\ I & 0 & I \\ -I & -I & 0 \end{vmatrix}$$

$$d(A, B) = 0, d(A, C) = d(B, C) = 2.$$

**$A_0 = A$  и  $A_0 = B$**