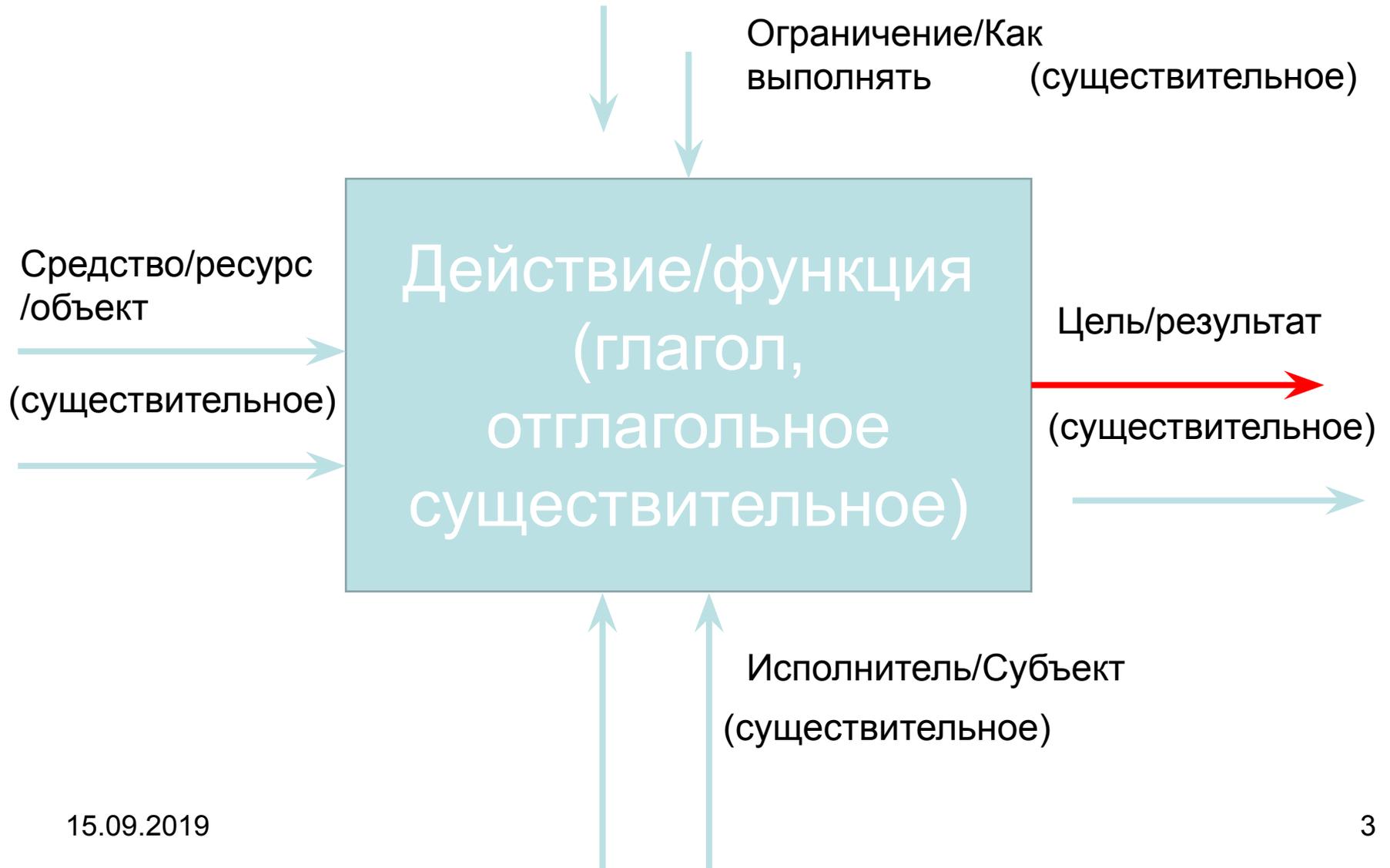


# Лекция 2

# Еще немного об IDEF0

- Вернёмся к последним двум слайдам предыдущей лекции.

# IDEF0



# Методика создания диаграммы IDEF0

Уровень 0: (\*)

- Нарисовать и подписать прямоугольник (назвать функцию системы)
- Указать цель
- Ресурсы, исполнители
- Ограничения

Уровень 1 – рассматривать все функции отдельно:

- Нарисовать прямоугольники
- Скопировать все стрелки с Уровня 0
- Указать цели подфункций
- ...
- \* при необходимости скорректировать Уровень 0

НЕ ДОПУСКАЕТСЯ (НЕЛЬЗЯ!!!):

1. Отсутствие у функции одновременно стрелок управления и входа не допускается. Это означает, что запуск данной функции не контролируется и может произойти в любой произвольный момент времени либо вообще никогда.

Пример: Функция без управления и входа

2 (**НЕЛЬЗЯ!!**). У каждого блока должен быть как минимум один выход.

Пример: Функция без выхода

Рассмотрим пример.



Укажем некоторые недостатки этих диаграмм

(несбалансированность контекстной диаграммы,

Недочёты в дочерней ( «Должностные инструкции» и определения угроз и т.д.)

# **Тема 2. МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

# 2.1 Классификация методов моделирования сложных систем

Вербальное описание  
проблемной ситуации

Формальная модель



⋮



- аналитические методы
- статистические методы
- теория множеств
- математическая логика
- дерево целей
- экспертные оценки
- сценарий
- мозговая атака



## 2.2 Методы направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов

**Методы типа «мозговой атаки» или коллективной генерации идей.** Концепция *мозгового штурма* и *мозговой атаки* получила широкое распространение с начала 50-х годов. Мозговая атака основана на гипотезе, что среди большого числа идей имеется по меньшей мере несколько хороших и полезных для решения проблемы, которые нужно выявить. Методы этого типа известны также под *названием коллективной генерации идей, конференций идей, метода обмена мнениями.*

В зависимости от принятых правил и жесткости их выполнения различают *прямую мозговую атаку, метод обмена мнениями, метод типа комиссий, судов.*

- **Методы типа «сценариев».**

Методы подготовки и согласования представлений о проблеме или анализируемом объекте, изложенных в письменном виде, получили название *сценариев*.

Это любой документ, содержащий анализ рассматриваемой проблемы и предложения по ее решению или по развитию системы, независимо от того, в какой форме он представлен.

Сценарий предусматривает не только содержательные суждения, помогающие не упустить детали, которые невозможно учесть в формальной модели (в этом собственно и заключается основная роль сценариев), но и содержит, как правило, результаты количественного технико-экономического или статистического анализа с предварительными выводами.

Сценарий позволяет создать предварительное представление о проблеме (системе) в ситуациях, которые не удастся сразу отобразить формальной моделью. Однако сценарий – это все тот же текст, да еще с последствиями (синонимия, парадоксы, отношения) неоднозначного толкования. Поэтому это всего лишь основа для дальнейшей формализации.

## Методы типа «Дельфи».

Основные средства повышения объективности результатов при применении метода «Дельфи» – *использование обратной связи*, ознакомление экспертов с результатами предшествующего тура опроса и учет этих результатов при оценке значимости мнений экспертов. В конкретных методиках, реализующих процедуру «Дельфи», эта идея используется в разной степени. Например, достаточно следующих четырех этапов:

- раздача анкет, сбор оценок, их обобщенное представление с указанием разбора мнений;
- сообщение итогов и запрос объяснений причин индивидуального отклонения от средней или медианной оценки первой итерации;
- сообщение всех объяснений и запрос контраргументов на них;
- сообщение возражений и запрос новых оценок альтернатив, если эксперт пожелает их изменить; нахождение окончательного итога.

**Методы экспертных оценок.** Основные этапы методов экспертных оценок заключаются в следующем:

- формирование экспертных групп, включая требования к экспертам, размеры группы, вопросы тренировки экспертов, оценки их компетентности;
- выбор формы экспертного опроса (разного рода анкетирования, интервью, смешанные формы опроса) и методики организации опроса (в т.ч. методики анкетирования, мозговая атака, деловые игры и т.д.);
- выбор подхода к оцениванию (ранжирование, нормирование, различные виды упорядочения в т.ч. методы предпочтений, попарных сравнений и т.д.);
- выбор метода обработки экспертных оценок;
- оценка согласованности мнений экспертов, достоверности экспертных оценок.

# Пример

- Предположим, например, что эксперты оценивают альтернативы в числовых шкалах. Пусть  $x_{ij}$  – оценка  $i$ -й альтернативы  $j$ -м экспертом (  $i = 1, \dots, m$ ,  $j = 1, \dots, n$  ),  
энки  $x_{ij}$  можно  
рассматривать как «измерения» искомой «истинной характеристики»  $\theta_i$ , считая отклонения  $x_{ij} - \theta_i$  некоторыми величинами.
- В качестве приближения можно использовать некоторую статистику  $\bar{x}_i$ ; обычно это выборочное среднее  $\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij}$ .

хотя можно использовать и другие статистики.

- Если альтернативы нельзя оценить сразу одним числом и экспертам предлагается дать оценки отдельно по каждому показателю. Например, оценка товара по признакам экономическим, функциональным и т.д. В этом случае имеем набор чисел  $\{x_{ij}\}$ , где  $i$  – номер признака. Кроме этих чисел, экспертов просят оценить степень важности каждого показателя.

Тогда

- Определение коэффициента компетентности  $j$ -го эксперта можно поручить самим экспертам. Пусть каждый из них ( $l$ -й) оценивает компетентность других числами (при этом и свою – числом).  
Усреднение дает

В результате получают итоговую оценку

При обработке материалов коллективной экспертной оценки используются методы теории ранговой корреляции. Для оценки степени согласованности мнений экспертов применяется коэффициент конкордации:

где

количество экспертов (

количество рассматриваемых свойств;

$i$ -е место, которое заняло  $i$ -е свойство в ранжировке  $j$ -м экспертом;

отклонение суммы рангов по  $i$ -му свойству от среднего арифметического сумм рангов по свойствам.

Коэффициент конкордации  $W$  позволяет оценить, насколько согласованы между собой ряды предпочтительности, построенные каждым экспертом. Его значение находится в пределах  $0 \leq W \leq 1$ ;  $W = 0$  означает полную противоположность, а  $W = 1$  — полное совпадение ранжировок. На практике достоверность считается хорошей, если

Пример на доске – 3 эксперта, 4 цвета, матрица предпочтений 3x4

Сильная несогласованность

3 1 2

1 2 4

2 3 3

4 4 1

d= 7

$$W = 12 * 7 / (9 * (64 - 4)) = 84 / 540 \approx 0.16$$

Если

Сильная согласованность

3 3 3

1 1 1

2 2 2

4 4 4

То

$$d=45 \text{ и } W = 12 * 45 / (9 * (64 - 4)) = 1 !!$$

- **Методы структуризации.**
- Структурные представления разного рода позволяют разделить сложную проблему с большой неопределенностью на более мелкие, лучше поддающиеся исследованию, что само по себе можно рассматривать как некоторый метод исследования, именуемый иногда структурно-системным. Виды структур, получаемые путем расчленения системы во времени называются сетевые структуры, а получаемые путем расчленения системы в пространстве называются иерархические структуры разного рода или матричные структуры

- **Методы типа «дерева целей».** Термин «дерево» подразумевает использование иерархической структуры, получаемой путем расчленения общей цели на подцели, а их, в свою очередь, на более детальные составляющие, т.е. на подцели нижележащих уровней, направления, проблемы, а с некоторого уровня – функции.
- При использовании метода «дерево целей» в качестве средства принятия решений часто применяют термин «дерево решений». При применении метода для выявления и уточнения функций системы управления говорят о «дереве целей и функций». При структуризации тематики научно-исследовательских организаций пользуются термином «дерево проблемы», а при разработке прогнозов – «дерево направлений развития (прогнозирования развития)» или «прогнозный граф».

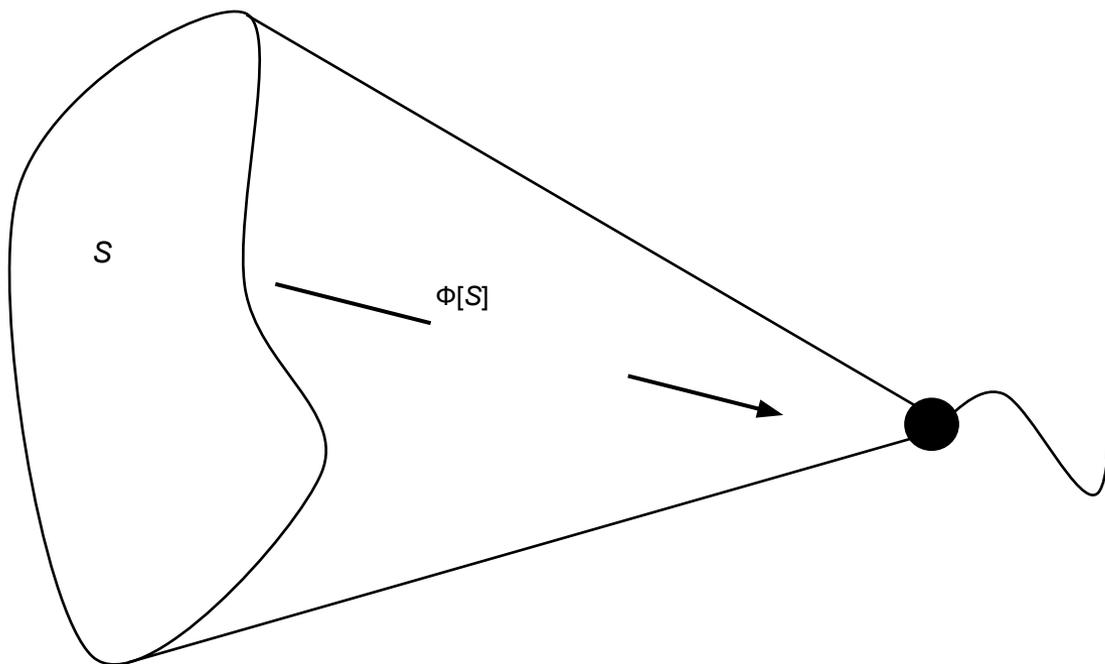
- **Морфологические методы.** Основная идея морфологического подхода – систематически находить все возможные варианты решения поставленной проблемы или реализации системы путем комбинирования основных (выделенных исследователем) структурных элементов системы и их признаков. При этом система или проблема может разбиваться на части разными способами и рассматриваться в различных аспектах.
- Отправными точками системного исследования Ф. Цвикки считает:
  - 1) равный интерес ко всем объектам морфологического исследования;
  - 2) ликвидацию всех оценок и ограничений до тех пор, пока не будет получена полная структура исследуемой области;
  - 3) максимально точную формулировку поставленной проблемы.

## 2.3 Методы формализованного представления систем

- **Классификация** . Выделяют следующие обобщенные группы (классы) методов:
- *аналитические* (методы классической математики, включая интегральное и дифференциальное исчисления, методы поиска экстремумов функций, вариационное исчисление и т. д.; методы математического программирования; методы теории игр);
- *статистические* (включающие теорию вероятностей, математическую статистику и направления прикладной математики, использующие стохастические представления - теорию массового обслуживания, методы статистических испытаний (основанные на методе Монте-Карло), методы выдвижения и проверки статистических гипотез А. Вальда и другие методы статистического имитационного моделирования);

- *теоретико-множественные, логические, лингвистические, семиотические представления (методы дискретной математики), составляющие теоретическую основу разработки языков моделирования, автоматизации проектирования, информационно-поисковых языков;*
- *графические (включающие теорию графов и разного рода графические представления информации типа диаграмм, гистограмм и других графиков).*

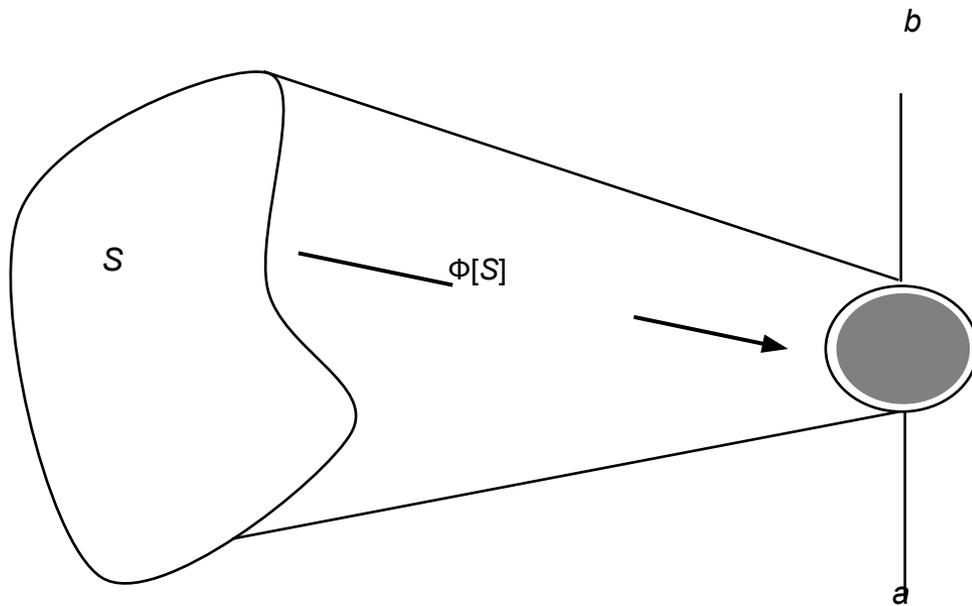
**1. Аналитические методы.** Аналитическими в рассматриваемой классификации названы методы, которые отображают свойства реальных объектов и процессов (системы  $S$ ) в виде точки, совершающей какие-либо перемещения в многомерном пространстве. Эта возможность аналитических представлений иллюстрируется символьным образом, представленным на рисунке, как преобразование сложной системы  $S$  в точку, совершающую какое-то движение (или обладающую каким-то поведением), посредством оператора (функции, функционала  $\Phi$ ).



Аналитическое представление системы

**Статистические методы.** Статистическим представлением называют отображение системы с помощью случайных (стохастических) событий, процессов, которые описываются вероятностными характеристиками и статистическими закономерностями.

Статистическое представление системы  $S$  в общем случае можно представить в виде «размытой» точки (размытой области) в  $n$ -мерном пространстве, в которую переводит систему  $S$  оператор  $T$ .



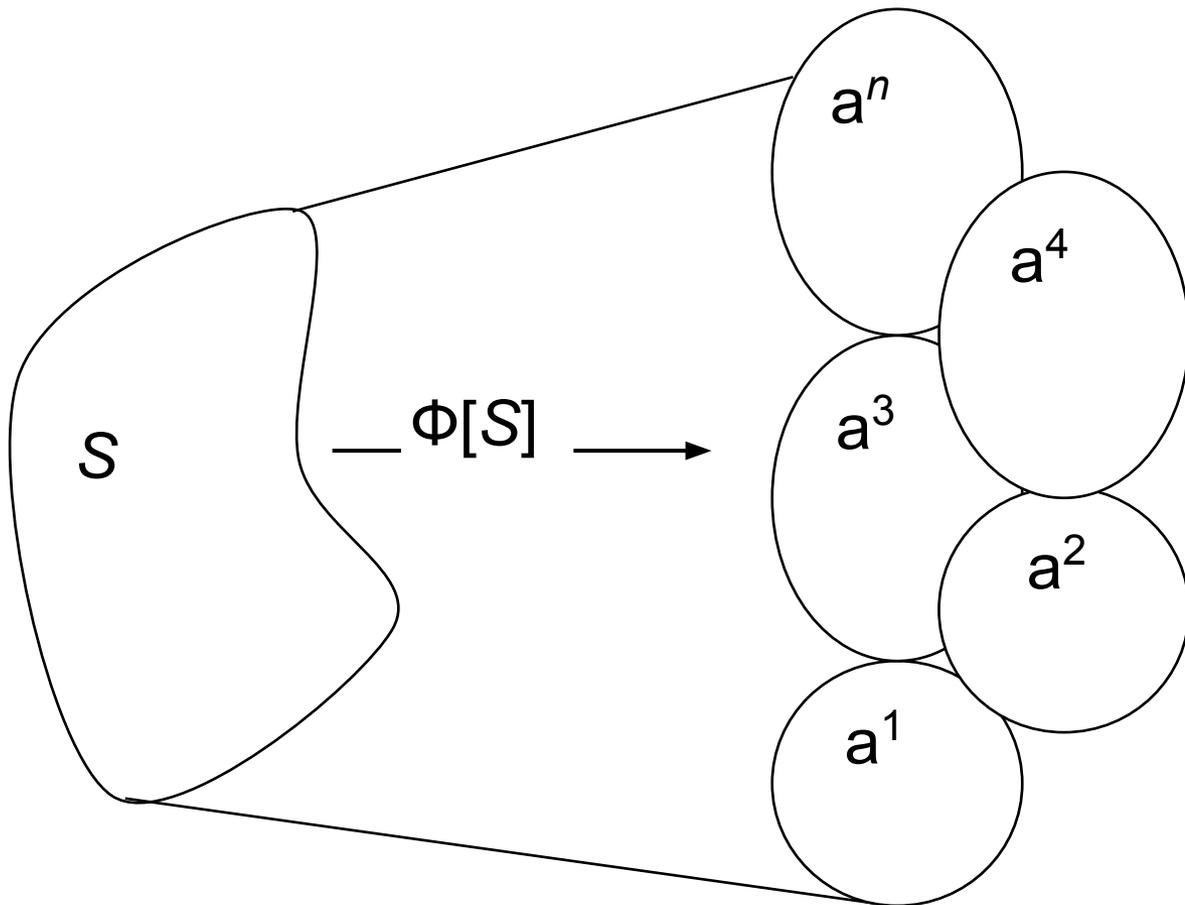
Статистическое представление системы

На базе статистических представлений развивается ряд математических теорий: *математическая статистика*, объединяющая различные методы статистического анализа (регрессионный, дисперсионный, корреляционный, факторный и т.д.); *теория статистических испытаний*, основой которой является метод Монте-Карло, а развитием – теория статистического имитационного моделирования; теория выдвижения и проверки статистических гипотез, возникшая для оценки процессов передачи сигналов на расстоянии.

**Теоретико-множественные представления.** Теоретико-множественные представления базируются на понятиях множество, элементы множества, отношения на множествах. Сложную систему можно отобразить в виде совокупности разнородных множеств и отношений между ними .

Множества могут задаваться двумя способами: перечислением элементов и названием характеристического

свойства (именем, обладающим это свойство, например, множество А или множество планет солнечной системы, множество рабочих данного завода и т.д.). В основе большинства теоретико-множественных преобразований лежит переход от одного способа задания множества к другому. В множестве могут быть выделены подмножества.

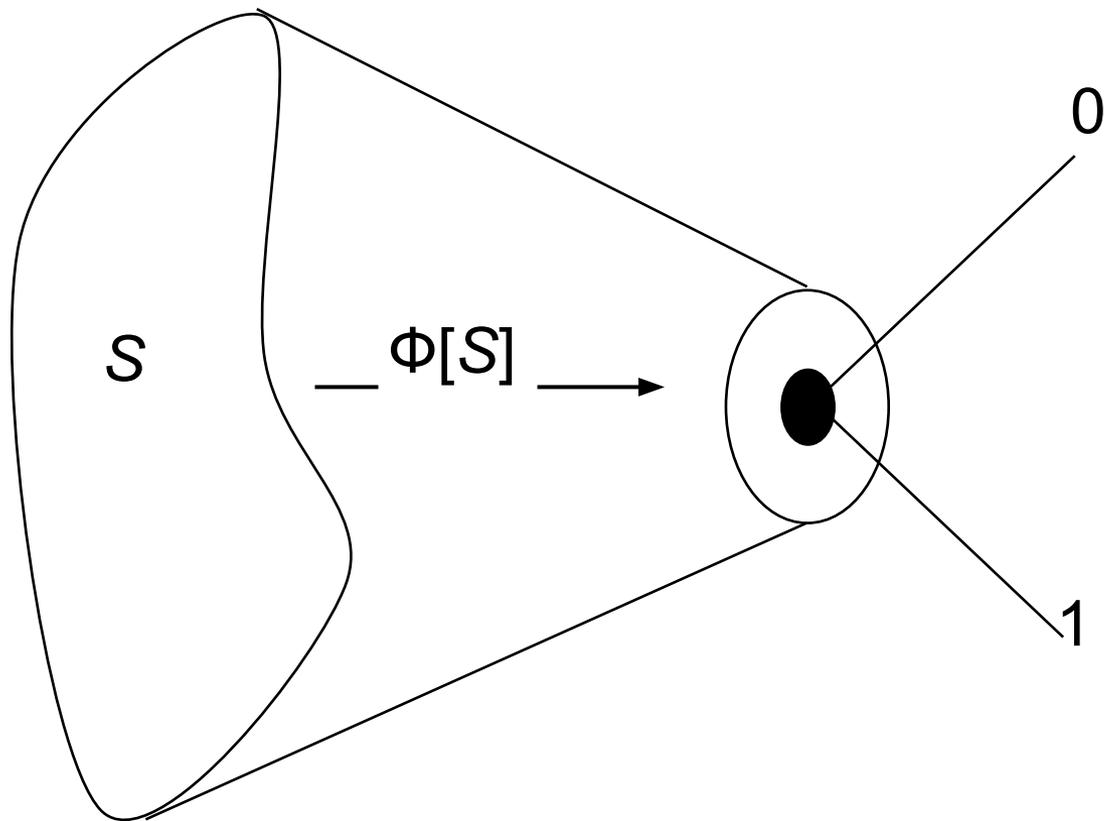


Теоретико-множественное представление системы

Благодаря тому что при теоретико-множественных представлениях систем и процессов в них можно вводить любые отношения, эти представления:

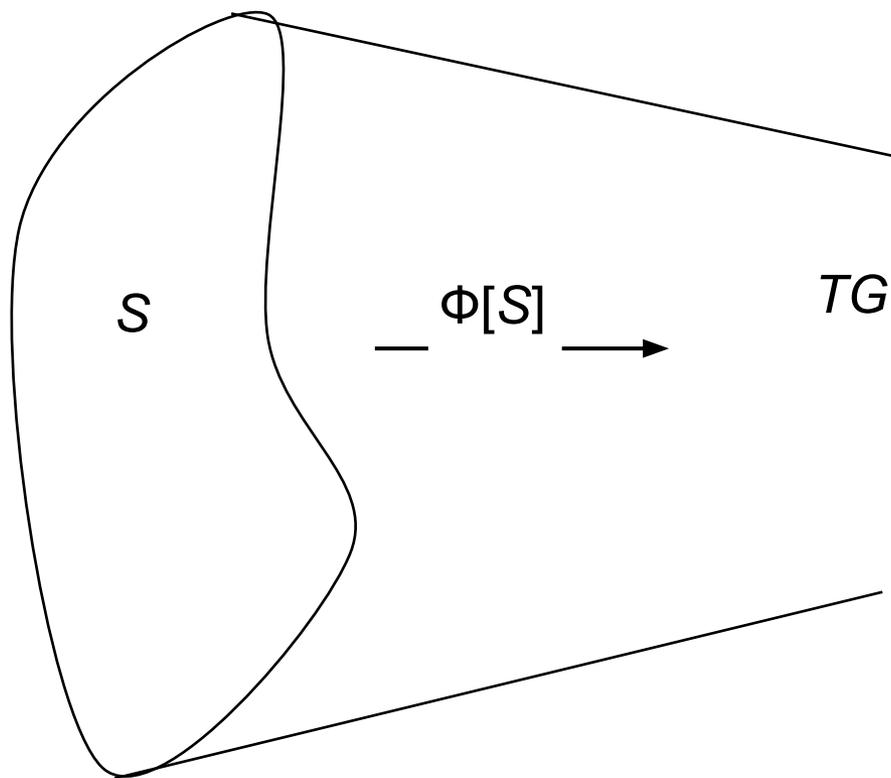
- а) служат хорошим языком, с помощью которого облегчается взаимопонимание между представителями различных областей знаний;
- б) могут являться основой для возникновения новых научных направлений для создания языков моделирования.

- **Математическая логика.** Логические представления переводят реальную систему и отношения в ней на язык одной из алгебр логики (двузначной, многозначной), основанных на применении алгебраических методов для выражения законов формальной логики
- Наибольшее распространение получила бинарная алгебра логики Буля (булева алгебра).
- Алгебра логики оперируется понятиями: высказывание, предикат, логические операции (логические функции, кванторы).



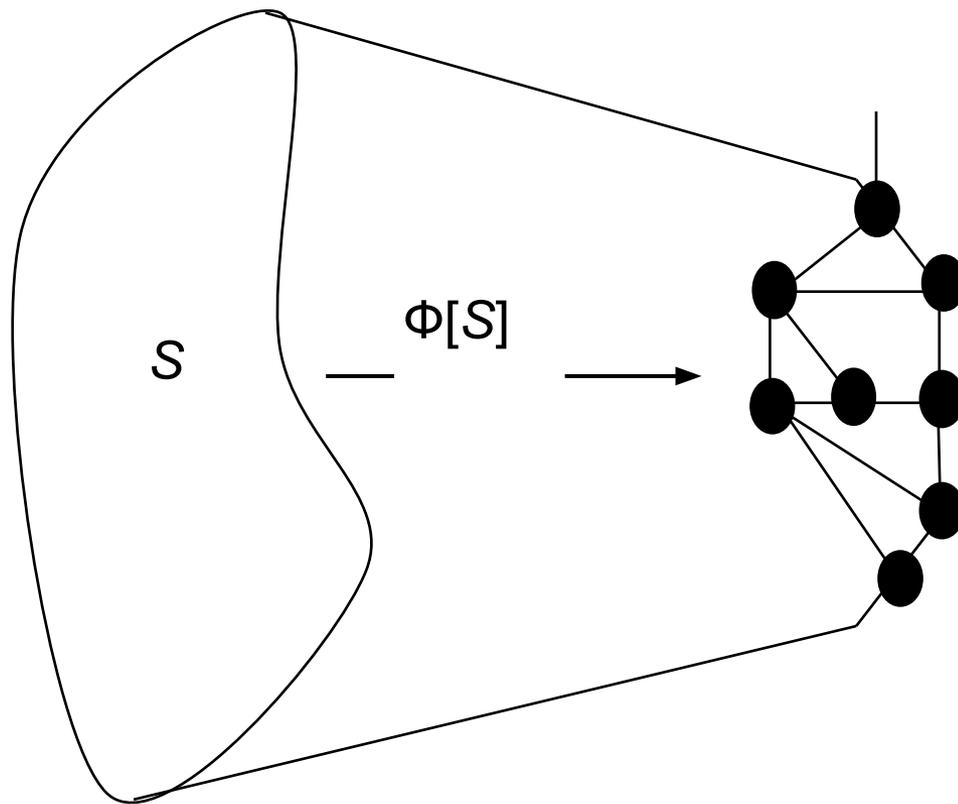
Логическое представление системы

- **Лингвистические, семиотические представления.**  
*Лингвистические* представления (рис. 2.10) базируются на понятиях *тезауруса Т* (множество смысловыражающих элементов языка с заданными смысловыми отношениями; тезаурус характеризует структуру языка), *грамматики G* (правил образования смысловыражающих элементов разных уровней тезауруса), *семантики* (смыслового содержания формируемых фраз, предложений и других смысловыражающих элементов) и *прагматики* (смысла для данной задачи, цели).
- *Семиотические* представления базируются на понятиях: *знак, знаковая система, знаковая ситуация*. Семиотика возникла как наука о знаках в широком смысле. Однако наиболее широкое практическое применение нашло направление лингвистической семиотики, которое, наряду с основными понятиями семиотики (знак, знаковая система, треугольник Фреге и т.д.) широко пользуется некоторыми понятиями математической лингвистики (тезаурус, грамматика и т.д.).



Лингвистическое представление системы

- **Графические представления.** К графическим представлениям (рис. 2.11) отнесены любые графики (графики Ганта, диаграммы, гистограммы и т.д.) и графы, возникшие на основе графических отображений теории графов, теории сетевого планирования и управления и т.д., т.е. все то, что позволяет наглядно представить процессы, происходящие в системах, и облегчить таким образом их анализ для человека (лица, принимающего решения).
- Графические представления являются удобным средством исследования структур и процессов в сложных системах и решения различного рода организационных вопросов в информационно-управляющих комплексах, в которых необходимо организовать взаимодействие человека и технических устройств. Широкое применение на практике получила теория сетевого планирования и управления.



Графическое (графовое) представление системы

## 2.4 Измерительные шкалы

- В современной теории измерений определено, что *измерение – это алгоритмическая операция, которая данному наблюдаемому состоянию системы (объекта, процесса, явления) ставит в соответствие определенное обозначение: число, номер или символ.* Такое соответствие обеспечивает то, что результаты измерений содержат информацию о наблюдавшейся системе, количество же информации зависит от степени полноты этого соответствия и разнообразия вариантов. Нужная нам информация получается из результатов измерения с помощью их преобразований, или, как еще говорят, с помощью обработки экспериментальных данных.

Рассматриваются только такие системы, про любые два состояния которых можно сказать, различимы они или нет, и только такие алгоритмы измерения, которые различным состояниям ставят в соответствие разные обозначения, а неразличимым состояниям – одинаковые обозначения. Это означает, что как состояния объекта, так и их обозначения удовлетворяют следующим *аксиомам эквивалентности*:

- $A = A$  (рефлексивность) (2.1)
- Если  $A = B$ , то  $B = A$  (симметричность) (2.2)
- Если  $A = B$  и  $B = C$ , то  $A = C$  (транзитивность)(2.3)

Здесь символ  $=$  обозначает отношение эквивалентности; в том случае, когда  $A$  и  $B$  – числа, он означает их равенство.

- **Шкалы наименований.** Предположим, что число различных состояний (или, как говорят математики, – число классов эквивалентности) конечно. Каждому классу эквивалентности поставим в соответствие обозначение, отличное от обозначений других классов. Теперь измерение будет состоять в том, чтобы, проведя эксперимент над объектом, определить принадлежность результата к тому или иному классу эквивалентности и записать это с помощью символа, обозначающего данный класс. Такое измерение называется измерением в *шкале наименований* (иногда эту шкалу называют также *номинальной* или *классификационной*); указанное множество символов и образует шкалу наименований. Это самая слабая качественная шкала.

- Перейдем теперь к вопросу о допустимых операциях над данными, выраженными в номинальной шкале. Подчеркнем еще раз, что обозначения классов – это только символы, даже если для этого использованы номера. Номера лишь внешне выглядят как числа, но на самом деле числами не являются. Если у одного спортсмена на спине номер 4, а другого 8, то никаких других выводов, кроме того, что это разные участники соревнований, делать нельзя: так, нельзя сказать, что второй «в два раза лучше» или что у одного из них форма новее. С номерами нельзя обращаться как с числами, за исключением определения их равенства или неравенства: только эти отношения определены между элементами номинальной шкалы

Пример номинальной шкалы –  
номер спортсмена на майке

- При обработке экспериментальных данных, зафиксированных в номинальной шкале, непосредственно с самими данными можно выполнять только операцию проверки их совпадения или несовпадения. Изобразим эту операцию с помощью символа Кронекера:

где  $x_i$  и  $y_j$  – записи разных измерений.

С результатами этой операции можно выполнять более сложные преобразования: считать количества совпадений (например, число наблюдений  $k$ -го класса равно  $\sum_{i=1}^n x_i y_k$ ,

где  $n$  – общее число наблюдений), вычислять относительные частоты классов (например, частота  $k$ -го класса есть  $\frac{\sum_{i=1}^n x_i y_k}{n}$ ).

**Можно:** сравнивать эти частоты между собой (находя, например, моду – номер наиболее часто встречающегося класса

выполнять различные статистические процедуры, строго следя, однако, чтобы в этих процедурах с исходными данными не выполнялось ничего, кроме операции проверки их на совпадение (например, можно использовать  $\chi^2$ -тест, другие тесты на относительных частотах, коэффициент согласия и т.д.).

**Порядковые шкалы.** Следующей по силе за номинальной шкалой является *порядковая шкала* (используется также название *ранговая шкала*). Этот класс шкал появляется, если, кроме аксиом тождества (4.1)–(4.3), классы удовлетворяют следующим *аксиомам упорядоченности*:

*Если  $A \neq B$ , то либо  $A > B$ , либо  $B > A$ .* (2.4)

*Если  $A > B$  и  $B > C$ , то  $A > C$ .* (2.5)

Обозначив такие классы символами и установив между этими символами те же отношения порядка, мы получим *шкалу совершенного порядка*. Примерами применения такой шкалы являются нумерация очередности, воинские звания, призовые места в конкурсе.

- Иногда оказывается, что не каждую пару классов можно упорядочить по предпочтению: некоторые пары считаются равными. В таком случае аксиомы упорядоченности 4 и 5 видоизменяются.

*Либо  $A \leq B$ , либо  $A \geq B$ .* (2.4')

*Если  $A \geq B$  и  $B \geq C$ , то  $A \geq C$ .* (2.5')

- Иная ситуация возникает, когда имеются пары классов, не сравнимые между собой, т.е. ни  $A \leq B$ , ни  $B \leq A$  (это отличается от условия квазипорядка, когда одновременно  $A \geq B$  и  $B \geq A$ , т.е.  $A = B$ ). В таком случае говорят о *шкале частичного порядка*.

- Операция проверки отношения предпочтения может быть формализована. Введем индикаторную функцию  $C(t)$  положительных чисел:

что позволяет установить предпочтительность  $x_i$  перед  $x_j$ . В результате по значению бинарной функции  $C(t)$ , мы можем однозначно судить о порядке предъявленных объектов.

Итак, непосредственно над порядковыми данными можно производить только операции по определению величин  $\delta_{ij}$  и  $C_{ij}$ . Результаты этих операций являются двоичными числами; над ними уже можно производить арифметические и логические операции.

Число  $\delta_{ij}$ , где  $n$  – число сравниваемых объектов, рангом  $i$ -го объекта. Отсюда происходит специальное название для данного типа порядковых шкал – *ранговые*.

- **Модифицированные порядковые шкалы.** По-видимому, опыт работы с сильными числовыми шкалами и желание уменьшить относительность порядковых шкал, придать им хотя бы внешнюю независимость от измеряемых величин побуждают исследователей к различным модификациям, придающим порядковым шкалам некоторое (чаще всего кажущееся) усиление. Другая важная причина попыток усиления шкалы состоит в том, что многие измеряемые в порядковых (принципиально дискретных) шкалах величины имеют действительный или мыслимый непрерывный характер: сила ветра или землетрясения, твердость вещества, глубина и прочность знаний, овладение навыками и т.п. Сама возможность введения между любыми двумя шкальными значениями третьего способствует тому, чтобы попытаться усилить шкалу.

- **Шкала твердости по Моосу.** Из двух минералов тверже тот, который оставляет на другом царапины или вмятины при достаточно сильном соприкосновении. Отношение «А тверже В» – типичное отношение порядка. В 1811 г. немецкий минералог Ф. Моос предложил установить стандартную шкалу твердости, постулируя только десять ее градаций. За эталоны приняты следующие минералы с возрастающей твердостью: 1 – тальк, 2 – гипс, 3 – кальций, 4 – флюорит, 5 – апатит, 6 – ортоклаз, 7 – кварц, 8 – топаз, 9 – корунд, 10 – алмаз.
- **Шкала силы ветра по Бофорту.** В 1806 г. английский гидрограф и картограф адмирал Ф. Бофорт предложил балльную шкалу силы ветра, определяя ее по характеру волнения моря: 0 – штиль (безветрие), 4 – умеренный ветер, 6 – сильный ветер, 10 – шторм (буря), 12 – ураган. Кроме штиля, градации силы ветра имеют условный, качественный характер.
- **Шкала магнитуд землетрясений по Рихтеру.** В 1935 г. американский сейсмолог Ч. Рихтер предложил 12-балльную шкалу для оценки энергии сейсмических волн в зависимости от последствий прохождения их по данной территории. Затем он развил метод оценки силы землетрясения в эпицентре по его магнитуде на поверхности земли и глубине очага.

- **Балльные шкалы оценки знаний учащихся – порядковая шкала!!.**

Слушая ответы учащихся или сравнивая их письменные работы, опытный преподаватель может обнаружить разницу между ними и установить, чьи ответы лучше; это типичное отношение порядка.

Методом сравнения можно определить, кто в классе лучше других знает данный предмет; сложнее, но иногда возможно (это зависит от состава класса) определить лучшего ученика в классе.

Сравнение старшеклассника с младшеклассником по степени овладения знаниями проблематично.

- Шкалы интервалов

Пусть  $M$  – множество совершенно упорядоченных элементов, для каждой пары  $s, d$  которых задано вещественное число  $d(s, d)$ , удовлетворяющее следующим условиям:

- если  $d(s, d) < d(d, e)$ , то  $d(s, e) = d(s, d) + d(d, e)$
- если  $d(s, d) = r$  и  $r$  – вещественное число, то найдутся такие  $s', d'$  такие, что  $d(s', d') = r$
- для любых  $s, d, e$  верно равенство  $d(s, d) + d(d, e) = d(s, e)$

Множество  $M$  с таким бинарным отношением назовем *интервальной шкалой*.

В шкале интервалов можно ввести систему координат. Выберем для этого любую пару точек (репер)  $c$  и  $d$ . Точка  $c$  играет роль начала координат, а интервал  $(c, d)$  – роль единичного интервала. Каждой точке  $x$  поставим в соответствие координату

Тогда точка  $c$  будет иметь координату 0, а точка  $d$  – координату 1.

- Если ввести в  $M$  другую систему координат, построенную на репере  $c_1$  и  $d_1$ , то координаты  $x_e$  и  $x_{e1}$  точки  $e$  в этих двух системах координат будут связаны линейным соотношением  $x_{e1} = ax_e + b$ ;  $a$  и  $b$  – очевидные обозначения. Несмотря на то, что координата  $x_e$  и разности  $(x_e - x_f)$  меняются при смене репера, для любых  $e, f, g, h \in M$  отношение интервалов

не зависит от выбора репера.

**Шкалы отношений.** Пусть наблюдаемые величины удовлетворяют не только аксиомам упорядоченности (2.4) и (2.5), но и аксиомам аддитивности:

$$\text{Если } A = P \text{ и } B > 0, \text{ то } A + B > P. \quad (2.6)$$

$$A + B = B + A. \quad (2.7)$$

$$\text{Если } A = P \text{ и } B = Q, \text{ то } A + B = P + Q. \quad (2.8)$$

$$(A + B) + C = A + (B + C). \quad (2.9)$$

Это существенное усиление шкалы: измерения в такой шкале являются «полноправными» числами, с ними можно выполнять любые арифметические действия, так как вычитание, умножение и деление – лишь частные случаи сложения. Введенная таким образом шкала называется *шкалой отношений*.

**Шкалы разностей.** К числу шкал, единственных с точностью до линейных преобразований, относятся шкала интервалов ( $x \rightarrow ax + b$ , произвольно) и шкала отношений ( $x \rightarrow cx$ ,  $c > 0$  — преобразование растяжения).

Рассмотрим особенности шкал, инвариантных к сдвигу:  $y = x + b$ .

Повторно применяя сдвиг к  $y$  ( $y \rightarrow y + b$ ), затем к  $z$  и т.д., обнаруживаем, что в такой шкале значение не изменяется при любом числе сдвигов:  $x \rightarrow x + nb$ ,  $n \in \mathbb{Z}$ .

Постоянная  $b$  является характерным параметром шкалы и называется ее *периодом*. Полученную шкалу будем называть *шкалой разностей* (иногда ее также называют *циклической* или *периодической*). В таких шкалах измеряется направление из одной точки (шкала компаса, роза ветров и т.д.), время суток (циферблат часов), фаза колебаний (в градусах или радианах).

**Абсолютная шкала.** Рассмотрим такую шкалу, которая имеет и абсолютный нуль, и абсолютную единицу. Эта шкала не единственна с точностью до какого-либо преобразования, а просто единственна, уникальна. Именно такими качествами обладает числовая ось, которую естественно назвать *абсолютной шкалой*. Важной особенностью абсолютной шкалы по сравнению со всеми остальными является отвлеченность (безразмерность) и абсолютность ее единицы.

**Согласование шкалы с природой наблюдений.**

Название шкалы	Определяющие отношения	Эквивалентное преобразование шкал	Допустимые операции над данными (первичная обработка)	Вторичная обработка данных
Номинальная	Эквивалентность	Перестановки наименований	Вычисление символа Кронекера $\delta_{ij}$	Вычисление относительных частот и операции над ними
Порядковая	Эквивалентность; предпочтение	Не изменяющее порядка (монотонное)	Вычисление $\delta_{ij}$ и рангов $R_i$	Вычисление относительных частот и выборочных квантилей, операции над ними
Интервальная	Эквивалентность предпочтение; сохранение отношения интервалов	Линейное Преобразование $y = ax + b,$ $a > 0,$ $b \in R$	Вычисление $\delta_{ij}$ , рангов $R_i$ и интервалов (разностей между наблюдениями)	Арифметические действия над интервалами

Циклическая	Эквивалентность; предпочтение; сохранение отношения интервалов; периодичность	Сдвиг $y = x + nb,$ $b = \text{const},$ $n = 0, 1, 2, \dots$	То же, что и для интервальной шкалы	То же, что и для интервальной шкалы
Отношений	Эквивалентность; предпочтение; сохранение отношения интервалов; сохранение отношения двух значений	Растяжение $y = ax, a > 0$	Все арифметические операции	Любая подходящая обработка

Абсолютная	Эквивалентность; предпочтение; сохранение отношения интервалов; сохранение отношения двух значений; абсолютная и безразмерная единица; абсолютный нуль	Шкала уникальна	Все арифметические операции; использование в качестве показателя степени, основания и аргумента логарифма	Любая необходимая обработка
------------	---	--------------------	--	-----------------------------------

## **Метод решающих матриц (опционально)**

Обозначим относительные веса направлений (подпроблем)

составим план опытно-конструкторских работ и оценим их вклад

Далее определим перечень прикладных научных исследований и их относительные веса

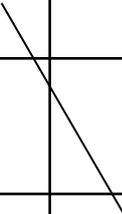
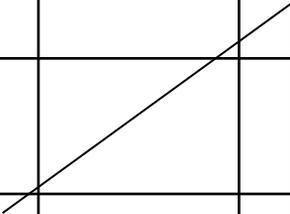
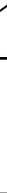
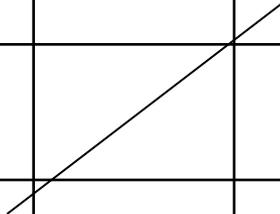
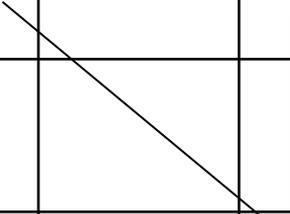
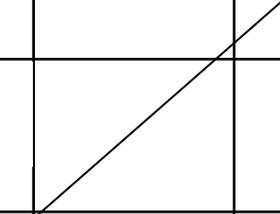
оценку влияния фундаментальных НИР на прикладные

Рис. 2.4. Уровни экспертизы

Подпроблемы						
ОКР						
Прикладные НИР						
Фундаментальные НИР						

В методе решающих матриц относительные веса определяются в процентах и нормируются по отношению к 100:

- Экспертами оцениваются только веса подпроблем (первый уровень), остальные веса вычисляются.
- Эксперты оценивают вклад каждой альтернативы в реализацию элементов более высокого (предшествующего) уровня. Таким образом, каждая строка решающей матрицы характеризует относительный вклад  $i$ -й ОКР в реализацию каждой  $j$ -й подпроблемы, на следующем уровне – вклад  $k$ -й прикладной НИР в реализацию  $j$ -й ОКР и т.д. Имея оценки вышележащего уровня (например  $w_{ij}$ ) и используя решающую матрицу  $A$ , можно получить относительные веса нижележащего уровня:

Потребители						
Заказчики						
Поставщики						