

# 1. Понятие информации

**Информация** - это некоторая последовательность сведений, знаний, которые актуализируемы (получаемы, передаваемы, преобразуемы, сжимаемы, регистрируемы) с помощью некоторых знаков символьного, образного, жестового, звукового, сенсомоторного типа.

**Знания** - информация, обеспечивающая достижение некоторой цели и структуры.

**Входная информация** - та, которую система воспринимает от окружающей среды. Такого рода информация называется входной информацией (по отношению к системе).

**Выходная информация** (по отношению к окружающей среде) - та, которую система выдает в окружающую среду.

**Внутренняя, внутрисистемная информация** (по отношению к данной системе) - та, которая хранится, перерабатывается, используется только внутри системы, актуализируется лишь подсистемами системы.

**Информация** по отношению к конечному результату проблемы бывает:

- **исходная;**
- **промежуточная;**
- **результатирующая.**

**Информация** (по ее изменчивости при актуализации) бывает:

- **постоянная;**
- **переменная;**
- **смешанная**

## Основные свойства информации (и сообщений):

- полнота;
- Актуальность и значимость;
- ясность;
- адекватность, точность, корректность интерпретации, приема и передачи;
- интерпретируемость и понятность интерпретатору информации;
- достоверность;
- избирательность;
- адресность;
- конфиденциальность;
- информативность и значимость;
- массовость;
- кодируемость и экономичность;
- сжимаемость и компактность;
- защищенность и помехоустойчивость;
- доступность;
- ценность.

## Методы получения и использования информации:

- **эмпирические методы** или методы получения эмпирической информации;
- **теоретические методы** или методы получения теоретической информации;
- **эмпирико-теоретические методы** или методы получения эмпирико-теоретической информации.

## эмпирические методы

- Наблюдение
- Сравнение
- Измерение
- Эксперимент

## эмпирико-теоретические методы

- Абстрагирование
  - Анализ
  - Декомпозиция
  - Синтез
  - Композиция
  - Индукция
  - Дедукция
- Моделирование
  - Исторический метод
  - Логический метод
  - Макетирование
  - Актуализация
  - Визуализация
  - Эвристики

## теоретические методы

- Восхождение от абстрактного к конкретному
- Идеализация
- Формализация
- Аксиоматизация
- Виртуализация

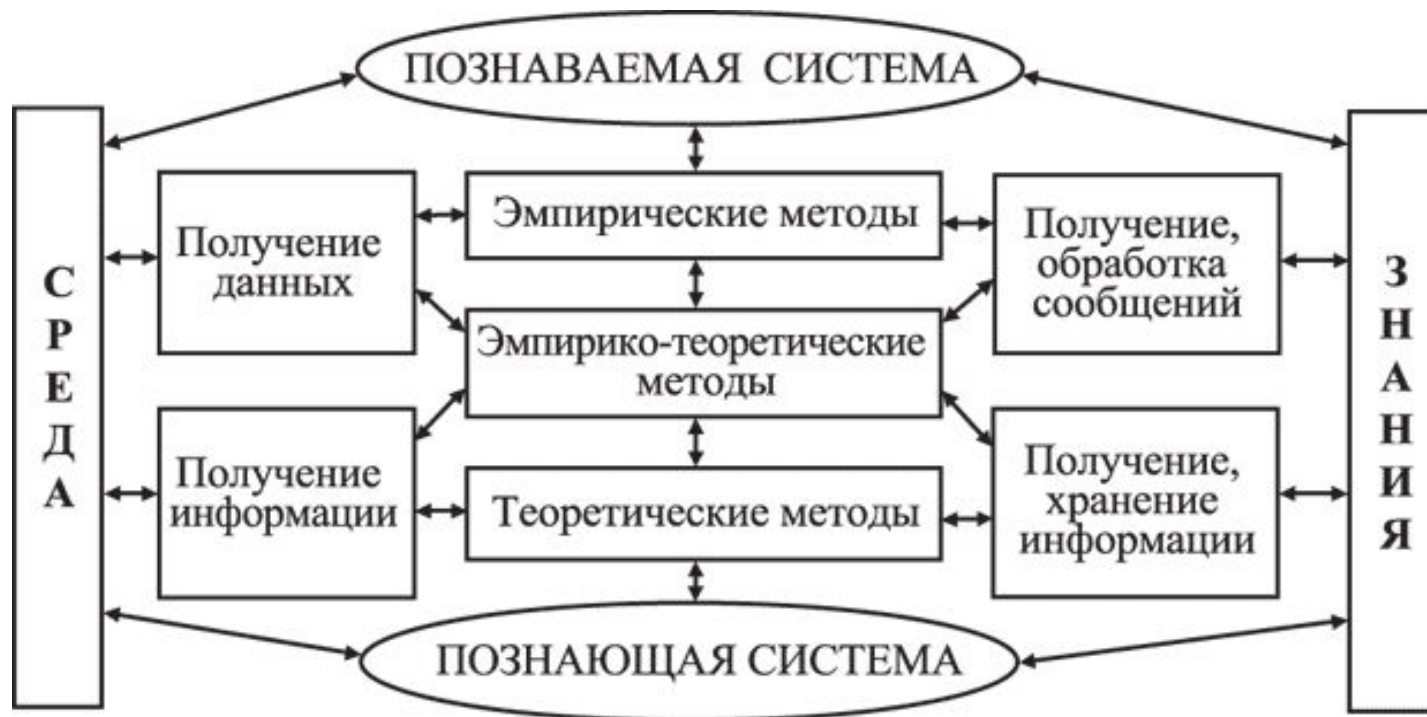


Рис. 1. Структура познания системы

## 2. Меры информации в системе

**Количество информации** - числовая величина, адекватно характеризующая актуализируемую информацию по разнообразию, сложности, структурированности (упорядоченности), определенности, выбору состояний отображаемой системы.

**Мера** - непрерывная действительная неотрицательная функция, определенная на множестве событий и являющаяся аддитивной (мера суммы равна сумме мер).

### 1) Мера Р. Хартли.

Пусть имеется  $N$  состояний системы  $S$  или  $N$  опытов с различными, равновозможными, последовательными состояниями системы.

Если каждое состояние системы закодировать двоичными кодами определенной длины  $d$ , то эту длину необходимо выбрать так, чтобы число всех различных комбинаций было бы не меньше, чем  $N$ .

Наименьшее число, при котором это возможно, называется мерой разнообразия множества состояний системы и задается формулой Р. Хартли:

$$H = k \log_a N,$$

где  $k$  - коэффициент пропорциональности,  
 $a$  - основание системы меры.

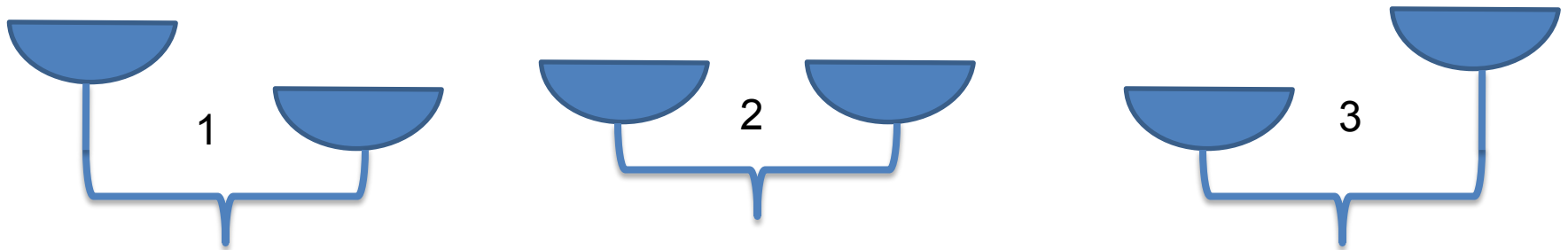
По Хартли, для того, чтобы мера информации имела практическую ценность, она должна быть такова, чтобы отражать количество информации пропорционально числу выборов.

**Пример.** Чтобы узнать положение точки в системе из двух клеток т.е. получить некоторую информацию, необходимо задать 1 вопрос ("Левая или правая клетка?").

Узнав положение точки, мы увеличиваем суммарную информацию о системе на 1 бит ( $I = \log_2 2$ ). Для системы из четырех клеток необходимо задать 2 аналогичных вопроса, а информация равна 2 битам ( $I = \log_2 4$ ).

Если же система имеет  $n$  различных состояний, то максимальное количество информации будет определяться по формуле:  $I = \log_2 n$ .

**Пример.** Имеются 192 монеты. Известно, что одна из них - фальшивая, например, более легкая по весу. Определим, сколько взвешиваний нужно произвести, чтобы выявить ее.



Таким образом, каждое взвешивание дает количество информации  $I = \log_2 3$ , следовательно, для определения фальшивой монеты **нужно сделать не менее  $k$  взвешиваний**, где наименьшее  $k$  удовлетворяет условию  **$\log_2 3^k \geq \log_2 192$** .

Отсюда,  $k \geq 5$ . **Итак, необходимо сделать не менее 5 взвешиваний.**

**Отрицательная сторона формулы:** формула не учитывает различимость и различность рассматриваемых  $N$  состояний системы.

## 2) Мера К. Шеннона.

Формула Шеннона дает оценку информации независимо, отвлеченно от ее смысла:

$$I = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

где  $n$  - число состояний системы;

$p_i$  - вероятность (или относительная частота) перехода системы в  $i$ -е состояние, причем сумма всех  $p_i$  равна 1.

Если все состояния равновероятны (т.е.  $p_i=1/n$ ), то

$$I = \log_2 n.$$

Легко видеть, что в общем случае

если выбор  $i$ -го варианта predetermined заранее (выбора, собственно говоря, нет,  $p_i=1$ ), то  $I=0$ .

$$I = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \leq \log_2 n$$

**Пример.** В сообщении 4 буквы "а", 2 буквы "б", 1 буква "и", 6 букв "р". Определим количество информации в одном таком (из всех возможных) сообщениях. Число  $N$  различных сообщений длиной 13 букв будет равно величине: как это следует из комбинаторики, равно  $n = N! / (k! * m!)$  :  $N = 13! / (4! * 2! * 1! * 6!) = 180180$ . Количество информации  $I$  в одном сообщении будет равно величине:  $I = \log_2(N) = \log_2 180180 \approx 18$  (бит).

Если  $k$  - коэффициент Больцмана, известный в физике как  $k = 1.38 \times 10^{-16}$  эрг/град, то выражение

$$S = -k \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

**в термодинамике известно как энтропия, или мера хаоса, беспорядка в системе.**

Важно отметить следующее.

Нулевой энтропии соответствует максимальная информация. Основное соотношение между энтропией и информацией:

$$I + S(\log_2 e)/k = \text{const}$$

или в дифференциальной форме

$$dI/dt = -((\log_2 e)/k) dS/dt.$$

При переходе от состояния  $S_1$  с информацией  $I_1$  к состоянию  $S_2$  с информацией  $I_2$  возможны случаи:

$S_1 < S_2$  ( $I_1 > I_2$ ) - уничтожение (уменьшение) старой информации в системе;

$S_1 = S_2$  ( $I_1 = I_2$ ) - сохранение информации в системе;

$S_1 > S_2$  ( $I_1 < I_2$ ) - рождение новой (увеличение) информации в системе.

Главной положительной стороной формулы Шеннона является:

ее отвлеченность от качественных, индивидуальных свойств системы.

В отличие от формулы Хартли, **она учитывает различность, разнoverоятность состояний - формула имеет статистический характер** (учитывает структуру сообщений).

Основной отрицательной стороной формулы Шеннона является то,

что она не различает состояния (с одинаковой вероятностью достижения, например), **не может оценивать состояния сложных и открытых систем и применима лишь для замкнутых систем**, отвлекаясь от смысла информации.

### 3) Термодинамическая мера.

Пусть дана термодинамическая система (процесс)  $S$ ,

а  $H_0, H_1$  - термодинамические энтропии системы  $S$  в начальном (равновесном) и конечном состояниях термодинамического процесса, соответственно.

Тогда **термодинамическая мера информации** (негэнтропия) определяется формулой:

$$H(H_0, H_1) = H_0 - H_1.$$

Изменение информации при этом:

$$\Delta I = k \ln(p_1 / p_2) = k (\ln p_1 - \ln p_2).$$

Если  $p_1 > p_2$  ( $\Delta I > 0$ ) - идет прирост информации, т.е. сведения о системе стали более определенными, а при  $p_1 < p_2$  ( $\Delta I < 0$ ) - менее определенными.

**Пример.** Предположим, что имеется развивающаяся социально-экономическая система с числом состояний 10, которая в результате эволюции развилась до системы с числом состояний 20. Нас интересует вопрос о состоянии некоторого составного элемента системы (например, предприятия).

В начале мы знали ответ на вопрос и поэтому  $p_1 = 1$  ( $\ln p_1 = 0$ ). Число ответов было пропорционально величине  $[\ln 10]$ . После развития мы знаем уже микроэкономическое состояние, т.е. изменение информации о состоянии системы равно

$$\Delta I = -k \ln(20/10) = -k \ln 2 \text{ (нат)}.$$



### Пример.

Предположим, что имеется термодинамическая система - газ в объеме  $V$ , который расширяется до объема  $2V$  (рис.3).



Рис. 3. Газ объема  $V$  (а) расширяемый до  $2V$  (б)

Нас интересует вопрос о координате молекулы  $m$  газа. В начале (а) мы знали ответ на вопрос и поэтому  $p_1=1$  ( $\ln p_1=0$ ). Число ответов было пропорционально  $\ln V$ . После поднятия заслонки мы уже знаем эту координату (микросостояния), т.е. изменение (убыль) информации о состоянии системы будет равно

$$\Delta I = -k \ln(2V / V) = -k \ln 2 \text{ (нат).}$$

#### 4) Энергоинформационная (квантово-механическая) мера.

Если  $A$  - именованное множество с носителем так называемого "энергетического происхождения", а  $B$  - именованное множество с носителем "информационного происхождения", то можно определить энергоинформационную меру  $f: A \rightarrow B$

#### 5) Другие меры информации.

- мера, базирующаяся на понятии цели (А. Харкевич и другие);
- мера, базирующаяся на понятии тезаурус  $T = \langle X, Y, Z \rangle$ , где  $X, Y, Z$  - множества, соответственно, имен, смыслов и значений (прагматики) этих знаний (Ю. Шрейдер и другие);
- мера сложности восстановления двоичных слов (А. Колмогоров и другие);
- меры апостериорного знания (Н. Винер и другие);
- мера успешности принятия решения (Н. Моисеев и другие);
- меры информационного сходства и разнообразия и другие способы, подходы к рассмотрению мер информации.

### 3. Информационные системы

**Информационная система** - система, в которой ее элементы, цель, ресурсы, структура (организация) рассматриваются, в основном, на информационном уровне (хотя, естественно, имеются и другие уровни рассмотрения, например, энергетический уровень).

**Любая информационная система имеет следующие типы основных подсистем:**

- *подсистема информационного обеспечения (данных);*
- *подсистема интеллектуального обеспечения (информации, знаний);*
- *подсистема технического обеспечения (аппаратуры);*
- *подсистема технологического обеспечения (технологии);*
- *подсистема коммуникативного обеспечения (интерфейса);*
- *подсистема анализа и проектирования;*
- *подсистема оценки адекватности и качества, верификации;*
- *подсистема организационного взаимодействия и управления персоналом;*
- *подсистема логистики (планирования и движения товаров и услуг).*

**Информационная среда** - это среда (т.е. система и ее окружение) из взаимодействующих информационных систем, включая и информацию, актуализируемую в этих системах.

## **6 типов информационных систем управления (тип системы определяется целью, ресурсами, характером использования и предметной областью):**

- Диалоговая система обработки запросов (Transaction Processing System) - для реализации текущих, краткосрочных, тактического характера, часто рутинных и жестко структурируемых и формализуемых процедур, например, обработки накладных, ведомостей, бухгалтерских счетов, складских документов и т.д.
- Система информационного обеспечения (Information Provision System) - для подготовки информационных сообщений краткосрочного (обычно) использования тактического или стратегического характера.
- Система поддержки принятия решений (Decision Support System) - для анализа (моделирования) реальной формализуемой ситуации, в которой менеджер должен принять некоторое решение, возможно, просчитав различные варианты потенциального поведения системы (варьируя ее параметры).
- Интегрированная, программируемая система принятия решения (Programmed Decision System) предназначена для автоматического, в соответствии с программно реализованными в системе, структурированными и формализованными критериями оценки, отбора (выбора) решений.
- Экспертные системы (Expert System) - информационные консультирующие и (или) принимающие решения системы, которые основаны на структурированных, часто плохо формализуемых процедурах, использующих опыт и интуицию.
- Интеллектуальные системы, или системы, основанные на знаниях (Knowledge Based System) - поддерживают задачи принятия решения в сложных системах, где необходимо использование знаний в достаточно широком диапазоне, особенно в плохо формализуемых и плохо структурируемых системах, нечетких системах и при нечетких критериях принятия решения;

## **Ряд утверждений, в виде аксиом управления информационными системами:**

**Аксиома 1.** Количество информации в любой подсистеме иерархической системы определяется (как правило, мультипликативно) количеством сигналов, исходящих от подсистемы нулевого уровня (исходной вершины) и достигающих данной подсистемы (или входящих в данную подсистему), и энтропией этих сигналов.

**Аксиома 2.** Энтропия любого элемента управляющей подсистемы при переходе в новое целевое состояние (при смене цели) определяется исходным (от нулевого уровня) информационным потоком и энтропией этого элемента.

**Аксиома 3.** Энтропия всей управляющей подсистемы при переходе в новое целевое состояние определяется (как правило, аддитивно, интегрально) энтропией всех ее элементов.

**Аксиома 4.** Полный информационный поток, направленный на объект управления за период его перехода в новое целевое состояние, равен разности энтропии всей управляющей подсистемы при переходе в новое целевое состояние и энергии объекта управления, затрачиваемой объектом управления на переход в новое состояние.

**Аксиома 5.** Информационная работа управляющей подсистемы по преобразованию ресурсов состоит из двух частей - работы управляющей подсистемы, затраченной на компенсацию исходной энтропии, и работы, направленной на управляемый объект, т.е. на удерживание системы в устойчивом состоянии.

**Аксиома 6.** Полезная работа управляющей подсистемы в течение некоторого промежутка времени должна соответствовать полному информационному потоку, воздействующему на управляемую систему (в соответствии с аксиомой 4) за рассматриваемый период времени.