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***;
- ***результирующая***.

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 <u>мерой разнообразия множества состояний системы</u> и задается формулой Р. Хартли:

$$H=k\log_a N,$$

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

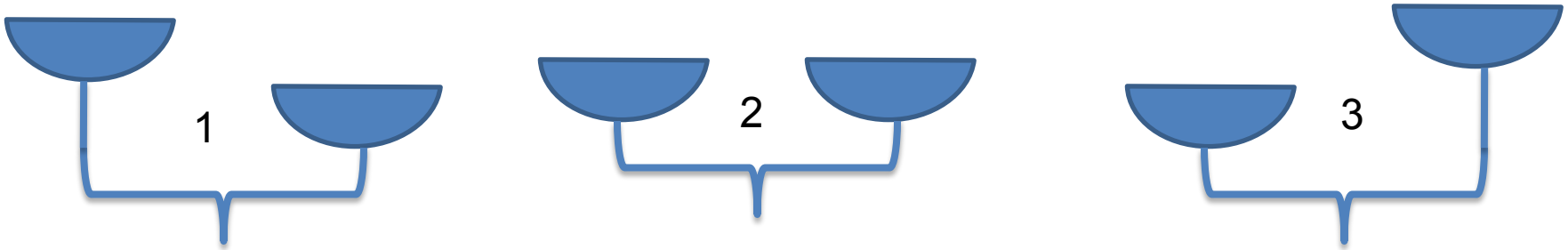
По Хартли, для того, чтобы мера информации имела практическую ценность, она должна быть такова, чтобы отражать количество информации пропорционально числу выборов.

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 $\mathbf{I=\log_2 3}$,

следовательно, для определения фальшивой монеты **нужно сделать не менее k** взвешиваний, где наименьшее k удовлетворяет условию $\mathbf{\log_2 3^k \geq \log_2 192}$.

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

<u>Отрицательная сторона формулы:</u> 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

$$\mathbf{I=\log_2 n.}$$

Легко видеть, что в общем случае если выбор i-го варианта предопределен заранее (выбора, собственно говоря, нет, $p_i=1$), то I=0.

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

Пример. *В сообщении 4 буквы "а", 2 буквы "б", 1 буква "и", 6 букв "р". Определим количество информации в одном таком (из всех возможных) сообщений. 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 $k=1.38\times10^{-16}$ 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:

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

или в дифференциальной форме

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

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, разновероятность 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 [ln10]. После развития мы знаем уже микроэкономическое состояние, т.е. изменение информации о состоянии системы равно

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

Пример.

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

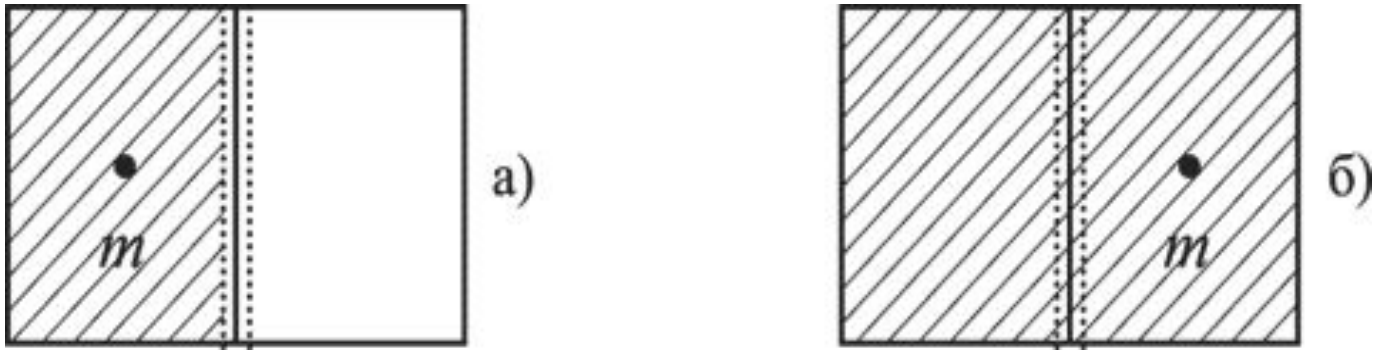


Рис. 3. Газ объема V (а) расширяемый до 2V (б)

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 lnV. После поднятия заслонки мы уже знаем эту координату (микросостояния), т.е. изменение (убыль) информации о состоянии системы будет равно

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

4) Энергоинформационная (квантово-механическая) мера.

Если А - именованное множество с носителем так называемого "энергетического происхождения", а В - именованное множество с носителем "информационного происхождения", то можно определить энергоинформационную меру **f**: А→В

5) Другие меры информации.

- мера, базирующаяся на понятии цели (А. Харкевич и другие);
- мера, базирующаяся на понятии тезаурус T=<X,Y,Z>, 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.