

Г. В. Курцева, пенсионер, e-mail: gibiscus.geranium@yandex.ru

Некоторые замечания к понятиям энтропия и информация

Обосновывается определение энтропии как интенсивности вероятностного процесса. Вводится понятие абстрактного процесса, на основании которого информация определяется как внутреннее отношение систем с обратной связью. Предлагается новый подход к определению количества информации для детерминированных систем.

Ключевые слова: энтропия, информации, абстрактный процесс, количество информации

Введение

Часто используемое понятие информации до настоящего времени не получило точного и ясного определения. Невозможно принять за определение то, что дается в словарях и учебниках информатики (информация — некоторые сведения, знания), поскольку такое определение тавтологично и не раскрывает сути понятия. (Сложности определения понятия информации описаны в работе Чернавского Д. С. [1].)

1. Методы определения количества информации

В комбинаторном подходе для определения количества информации в качестве меры берется логарифм от числа N всевозможных размещений условных "0" и "1" в ячейках памяти $\log_2 N$, что показывает число ячеек памяти, в которых происходит размещение. Имеется уже закодированная в двоичной системе информация и рассматривается ее запись с учетом равной вероятности появления "0" и "1". Неявно используется вероятностный взгляд на характер символов, несущих информацию, но вполне прагматично-детерминистский подход для учета числа ячеек с помощью меры битов. При этом, как и в остальных случаях, полностью абстрагируются от смысла или, другими словами, от содержания информации.

Второй подход определения количества информации (по Шеннону) основан на учете вероятностного появления в слове или в сообще-

щении конкретной буквы из некоторого алфавита. Логарифм $p(x)\log_2(x)$ позволяет получать число появлений конкретного символа, буквы с учетом совместного распределения вероятностей для всех символов, букв или рассчитать среднее число таких появлений [2].

Синтаксический подход к определению количества информации восходит к идеям К. Шеннона. Однако сам К. Шеннон предупреждал об ошибочности термодинамической трактовки информации и был против распространения его подхода на другие научные направления: он писал о специфике задач связи, о трудностях и ограничениях своей теории.

Третий, колмогоровский подход, использует понятие алгоритма [3], мерой служит длина алгоритма.

Все перечисленные подходы тем или иным способом дают возможность оценить количество разнообразия в форме ли числа состояний системы, шагов алгоритма, связывающего состояния или наборов переменных, отражающих некоторые состояния системы. Под понятием "количество информации" во всех случаях подразумевается количество разнообразия. Этот факт отмечен Эшби [4].

2. Причины выбора логарифмической функции в формулах расчета количества информации или энтропии

В физике логарифм от величины вероятности $\sum p_i(t, p, q)\ln p_i(t, p, q)$ дает среднее количество состояний термодинамической системы. Вы-

бор основания обусловлен экспоненциальным законом распределения, как и выбор самой функции \ln закономерен и продиктован отнюдь не удобствами оперирования с числами, но аддитивностью числа состояний системы и зависимостью от числа частиц, участвующих в процессе соударений, или иных взаимодействий со случайным приращением.

Энтропия, с которой имеет дело статистическая физика и термодинамика, представляющая среднюю величину числа состояний, определяет интенсивность стохастического процесса. Точность значения информации о таких величинах сама по себе достаточно спорна. Под информацией при этом подразумеваются наши знания. Так, мера неопределенности наших знаний, оказывается, определяет вполне определенное распределение микросистем по энергиям! Изменяются ли наши знания на значение логарифма термодинамической вероятности?

Выбор функции логарифма в формулах вероятностно-статистического подхода, очевидно, обусловлен тем фактом, что выбор из любого множества событий можно последовательно свести к выбору всякий раз между двумя множествами. Количество разнообразия сводится к числу ячеек, заполненных нулями и единицами, что соответствует кодированию элементов множества с помощью двоичного кода.

В том случае, когда определяется количество разнообразия для некоторого множества элементов M , формула $\log_2 N = M$ свидетельствует, что результаты опыта дают все многообразие подмножеств множества M , равное 2^M .

3. Противоречия абсолютизации вероятностно-статистических методов и абстрагирования от содержания понятий

Н. Винер исходил из идеи измерения "дезорганизованности" системы с помощью энтропии [5]. При этом, с одной стороны, "дезорганизованность" может выражаться различными, но вполне определенными законами распределения случайных величин, с другой стороны, организованность, если взять определенную систему, не имеет мысленного ограничения. Сама по себе организованность, или упорядоченность, не может измеряться величиной, характеризующей неопределенность.

Винер предложил определять количество информации, полученное при измерении некоторой случайной величины следующим об-

разом: "...мы знаем априори, что некоторая переменная лежит между нулем и единицей, и знаем апостериори, что она лежит в интервале (a, b) внутри интервала $(0, 1)$. Тогда количество информации, получаемой нами из апостериорного знания, равно

$$-\log_2 \frac{\text{мера интервала } (a, b)}{\text{мера интервала } (0, 1)}$$

..."

Мы проводим измерение. Ясно, что пределы измерения величины могут быть любыми. Поэтому было бы бессмысленно выбирать вероятность появления некоторого числа, пусть даже принимаемого с определенной погрешностью, как основу для определения информации. Винеру приходится вводить искусственные границы, в которых может лежать измеряемая величина. Вводить границы можно произвольно, это субъективный выбор, отсюда следует произвольный результат. Такой подход есть следствие абсолютизации вероятностной стороны явлений.

Следует еще заметить, что знание вероятностей появления событий априори обнуляет количество вновь приобретенных знаний апостериори. Какое бы событие ни произошло, мы уже заранее знаем количество информации, которое оно с собой несет.

А. Н. Колмогоров, хотя и в рамках математической теории, сумел подойти к пониманию того, что источником появления или изменения информации является процесс, а возможность однообразного отображения в компьютере различных процессов позволяет говорить об абстрактном процессе — субстанции информации. Понятие абстрактного процесса вводится в работе [6]. Недостатком по-прежнему остается отказ от смыслов информации. Измеряется зависящая от способа программирования и языка программирования длина алгоритма, выражаемая с помощью современных методов приближенно через функцию сложности.

Объекты, которые рассматривает А. Н. Колмогоров, — натуральные числа или какие-то конструктивные объекты, по сути, вычислимые числа, абстрактные бессодержательные понятия. Поэтому все изучаемое разнообразие ограничивается возможностями шагов программы, переводящей элемент "условие задачи" в элемент "ответ".

В отношении таких объектов можно поставить вопрос: сколько информации содержит объект x относительно объекта y ? Для содержательных понятий такой вопрос во мно-

гих случаях был бы некорректным. Сколько информации содержит факт произрастания в огороде бузины по отношению к факту проживания в Киеве дядьки?

Самому А. Н. Колмогорову приходится вводить разграничение между сложностью, отождествляемой им с минимальной длиной алгоритма, и необходимой сложностью вычисления как длительностью компьютерной переработки программы. Хотя во многих работах колмогоровская сложность трактуется как простая колмогоровская энтропия [7].

(Различие между абстрактной сложностью и технологической выявляется в работах Шарина Ю. С., Якимовича Б. А., Толмачева В. Г., Коршунова А. И. [8, 9].)

В определенную программу, алгоритм можно вводить различные данные, решая однотипные задачи. Инвариантом выступает последовательность обработки данных, которую можно связать с количеством информации. Длина каждого алгоритма характеризует структуру самого алгоритма и возможность отображения сложных иерархических структур алгоритмов в последовательности шагов, что представляет собой количественную информационную оценку алгоритма. Вместе с тем решение задачи с определенными условиями можно получить с помощью различных алгоритмов разной длины, сохраняющими содержание объектов "вход", "выход". Структура объектов "условие задачи" и "ответ" тогда выступают инвариантами по отношению к множеству обрабатываемых их алгоритмов.

Если поставить вопрос: сколько информации содержится в заранее имеющихся данных об объекте x относительно объекта y , имея в виду, что оба принадлежат множеству абстрактных математических объектов, то поиск минимального алгоритма для чисел, введенных или отображенных в компьютере, т. е. вычислимых, превращается в тривиальную банальную задачу, а учитывая эквивалентность вычислительных моделей, также выглядят и прочие вычислимые задачи. Очевидно, объект y является заранее не известным и формируется ходом программы. А нахождение минимального алгоритма относится в общем случае к неразрешимым задачам.

Неясной остается правомерность отождествления понятий сложности и информации и их меры или понятий энтропии и информации в тех случаях, когда говорят о количестве информации, полученной за счет уменьшения энтропии на ту же величину.

Между тем уже Эшби указывал на условия применимости вероятностного подхода:

"1. Различные дроби, изображающие множество вероятностей, должны в сумме давать 1; энтропия не может быть вычислена для неполного множества возможностей.

2. Матрица переходных вероятностей, изображающая источник информации с несколькими множествами вероятностей, должна быть марковской; это означает, что вероятность каждого перехода должна зависеть только от состояния, в котором находится система, а не от состояний, в которых она находилась раньше..."

3. Передавая своими словами: система должна находиться в равновесии, что позволяет рассчитывать частоты появления событий, ассоциированные с вероятностями.

В переводе на русский язык все это означает, что о количестве информации можно говорить только применительно к событиям, частоту повторений которых можно гарантированно рассчитать, система, порождающая события, должна находиться в равновесии. Единичные события информации не несут.

Очевидно, что то, что подавляющее число событий и явлений окружающего мира не удовлетворяют перечисленным условиям, исследователей не смущает.

4. Попытка Виго решить вопрос об определении количества так называемой репрезентативной информации

Цель Виго — преодоление ограничений теории Шеннона—Уивера при измерении и характеристике субъективной информации и "предоставление альтернативного математического объяснения природы информации", что до некоторой степени выражает неудовлетворенность части физиологов вероятностными методами [10, 11].

Виго, в отличие от Колмогорова, при попытке найти количественную меру знаний исходит из объема понятия. Не определяя содержания предлагаемого понятия, не определяя значения самого понятия "информация", он, тем не менее, предлагает способ оценки успешности процесса обучения понятиям, используя так называемый репрезентативный подход, основанный на "теории категориальной инвариантности", одновременно развивая подход обобщенной контекстной модели вслед за Р. М. Нософским, Мединым, Палмери, Шаффером [12].

5. Сложности, возникающие при определении количества информации в биологических системах

Иллюстрирующий возможности метода пример множества категорий (или объектов) — набор из разного размера и цвета шаров, треугольников и квадратов, который явно представляет множество геометрических фигур и, по логике, должен иллюстрировать понятие "геометрические фигуры", оценивается Виго с точки зрения однородности по отношению не к существенным признакам, а к второстепенным: цвет, форма, размер.

Каждому признаку из ограниченного множества присваивается значение единицы. Выстраивается булева функция на основе наличия (1) или отсутствия (0) признака у объекта из некоторого множества объектов. Выстраивается функция, позволяющая определить число объектов, сохранивших принадлежность исходному множеству объектов

$$\Phi(F(x_1, \dots, x_D)) = \left[\sum_{i=1}^D \left\| \frac{\partial F(x_1, \dots, x_D)}{\partial x_i} \right\|^2 \right]^{1/2},$$

x_i — признаки; F — булева функция; D — объем множества признаков, используется дискретная частная производная

$$\left\| \frac{\partial F(x_1, \dots, x_D)}{\partial x_i} \right\| = 1 - \left[\frac{1}{p} \sum_{x_j \in F} \left| \frac{\partial F(x_j)}{\partial x_j} \right| \right],$$

где $p = |F(x_1, \dots, x_D)|$.

Субъективная структурная сложность понятийной категории

$$\Psi(F) = \frac{p}{f(\Phi(F))}.$$

Функция f определяется из физиологических соображений. Подмножество множества объектов информативно в отношении понятия постольку, поскольку удаление отдельного элемента из множества, характеризующего понятие, уменьшает или увеличивает субъективную сложность понятия (или категории). Репрезентативная информация

$$h(R|F) = (\Psi(G) - \Psi(F))/\Psi(F),$$

где R — подмножество множества объектов F , $G = F - R$.

Таким образом, репрезентативная информация Виго, оказывается, в большей степени зависит от вида функции f , которая согласно контекстной модели является экспонентой, и от объема рассматриваемого множества объектов, которое в рассматриваемых примерах выбирается произвольно.

Неприемлемость вероятностно-статистического подхода в случае биологических систем отмечена в работе Л. А. Блюменфельда [13]: "Согласно физическим критериям любая биологическая система упорядочена не больше, чем кусок породы того же веса".

В качестве примера того, насколько проблема определения информации и, тем более, определения ее количества остаются не разработанными, можно привести пример из биологии. Известен С-парадокс — отсутствие корреляции между физическими размерами генома и сложностью организмов. Самым большим оказывается геном растения *Paris japonica*, а самым сложным — организм человека. Количество генетической информации, с которой ассоциируется сложность организмов, стремятся вычислять исходя то ли из числа генов, то ли из числа нуклеотидов, т.е., отталкиваясь от длины ДНК. При этом исследователей не смущает тот факт, что код сам по себе и содержание — не тождественны. Такой подход имеет своим началом работы Шеннона, в которых единица информации ассоциировалась с буквой алфавита, но не с содержанием сообщения. Буква — ген или слово — нуклеотид не кодируют сами по себе сообщения. Сообщение или его аналог — предложение, кодируется набором слов, причем один и тот же смысл — содержание сообщения — может быть кодирован различными способами. Поэтому определять количество биологической информации исходя из длины ДНК — число генов — представляется неразумным.

Если обратиться к проблеме информации как синонима наших знаний, то сразу же возникает психофизиологический парадокс. "Парадокс качественной разнородности психических явлений (образов) и качественной однородности вызывающих эти явления нервных процессов является одним из важнейших вопросов психофизиологии" [14]. Другой стороной парадокса является разнородность воздействующих внешних раздражителей и качественная однородность вызываемых этими явлениями нервных процессов, в частности, — мульти-сенсорная конвергенция, или в более общем виде: разнородность материальных явлений и однородность информационных процессов в отображающих системах. Такого рода разнородность позволяет поставить вопрос, что есть общего в разнородных явлениях, представля-

ющих входные сигналы для воспринимающей системы? Что является инвариантом при передаче информации через различные каналы связи и по-разному закодированной?

6. Субстанция информации

Качественное единство временных и пространственных информационных структур, процессов передачи информации и материальных информационных структур, изоморфизм, возможность перевода данной структуры на любую физическую основу, смена форм информации позволяют поставить вопрос о том, что есть общего в информационных явлениях, позволяющих информации циркулировать и обращаться. Все они, очевидно, являются продуктом некоторого процесса, причем процесса абстрактного, не зависящего от физической природы явлений, основным содержанием которого является создание определенной последовательности или очередности материальных изменений. Субстанцией информации является абстрактный процесс. Инвариантность информации относительно перевода ее на различные физические носители или преобразования материи говорит об однородности материи по отношению к переносу информации на качественно различные уровни ее организации и о пространственной ее изотропности.

Проявление качественного тождества информационных процессов выражает всеобщую связь всех материальных предметов, материальное единство, а также всеобщность формы процессов для всего материального мира.

Разнообразие порождается абстрактным процессом.

7. Российские физиологи о детерминизме информационных явлений

А. Г. Маклаков, разбирая особенности психических явлений и процессов, отмечал необходимость пространственно-временной организации сигнала, что является линейным инвариантом многомерного физического мира [15]. Универсальной формой отображения, заметим от себя. Такой вывод он основывает на высказанных Н.Винером положениях о пространственно-временных характеристиках сигнала.

Предпосылкой появления всеобщей физиологической функции и связи в организме, реализуемой нервной системой, является отношение пропорциональности и взаимосвязанности

всех физиологических процессов. Постоянные соотношения между различными величинами, определяющими взаимосвязанные циклы, позволяют отражать один процесс — в другом, третьем. Нервный импульс становится эквивалентом физиологического процесса.

Однако для того чтобы разнородные физические раздражители получали единообразное отображение и представление, необходимо, чтобы внешний физический сигнал вместе с нервным импульсом входил в единый цикл, петлю, образовывал рефлекторное кольцо. Причем изменение одного отображаемого раздражителя должно быть приравнено к изменению другого. Скажем, измерение расстояния с помощью изменения угла, под которым зрение воспринимает предмет, должно в пропорциональной форме соответствовать тактильному ощущению. Появление предмета в зрительной области восприятия должно быть подтверждено в звуковой сфере. Ясно, что такого рода отображения должны постоянно подтверждаться с помощью петель обратной связи и поддерживать пропорциональность между ними. Основная функция психики по Н. Н. Ланге — "круговая реакция", включающая центростремительный ток, сообщающий организму о достигнутом, и центробежная реакция как ответ (из того же учебника А. Г. Маклакова). Информация в форме нервных импульсов представляет всеобщее организменное отношение эквивалентности (и регуляции). Причем следует говорить не только об информационной эквивалентности множества внешних воздействий и их внутренних психических отражений, что утверждает Маклаков, но также и об информационной эквивалентности внутренних психических процессов. На уровне биомолекулярной динамики пропорциональность и связанность выражается в распознавании и взаимном узнавании макромолекул ДНК, РНК и белков.

Хотелось бы отметить неправомочность представления об информации только как о совокупности знаний и с точки зрения психологии, где знаниями обозначается множество понятий и образов, чаще в речевой форме, в отличие от условных рефлексов — отмеченное физиологами свойство реагирования на раздражитель без использования знаний. По И. П. Павлову речемыслительные процессы относятся к другой, ко второй сигнальной системе. Тем самым разграничиваются качественно разные виды информации.

Информационная связь в организме должна иметь детерминированный характер. На этом

настаивал П. К. Анохин и развил идею в теории акцептора действия [16, 17]. Реализация определенного состояния мозга как реакции на возбуждение — не случайный процесс, но целенаправленный. А. К. Анохин подверг критике теорию "вероятностного прогнозирования" Файгенберга и выдвинул свою модель поведения — теорию функциональных систем. Уже учение И. П. Павлова утверждает принцип детерминизма. Какой бы статистической сложностью не обладал раздражитель, он воспринимается организмом как единичный сигнал.

8. Сигнал — единица информации

Эквивалентность качественно различных изменений, назовем их сигналами, возможна в том случае, когда система обеспечивает постоянную пропорциональность между ними, а это возможно в том случае, когда весь процесс зациклен. Свойство пропорциональности должно быть свойством всей системы взаимосвязанных циклов. Единичный сигнал одного уровня (химическое вещество в химической реакции, сборочная единица или автомат в системе автоматизированного производства) на другом уровне выступает как составная структурная часть другого единичного сигнала (белка, механизма, автоматизированного завода), входящего в цикл более высокого уровня и сопряженного с другими циклами. В этом смысле величина информации подобна величине энергии в физике, имеет смысл только относительное ее количество. Вместе с тем рассуждать о количестве информации одного объекта в сравнении с другим можно только в случае принадлежности обоих к одному связывающему их циклу относительно цикла, что выражает тот факт, что информация представляет собой системное отношение.

Изменение любого параметра должно привести к изменению сопряженных с ним величин по цепочке цикла, что создает предпосылку для образования регулирующих обратных связей. Контур обратной связи реализует отношение причинно-следственных связей, внешнего воздействия на внутреннее и обратно. Это является первым требованием к тому, чтобы внешнее воздействие на систему приобрело информационный характер. Вторым требованием является открытость системы. Третье требование — наличие движения, процесса, что связано со вторым, необходимость поддержания движения требует притока энергии и вещества. Если

подходить к множеству физических процессов отражения, которые существуют благодаря постоянству физических закономерностей, с требованием наличия контура обратной связи, то придется также усомниться в возможности появления или изменения информации по отношению к той или иной физической системе, а не к нашим знаниям, существующим благодаря физиологическим психофизическим замкнутым контурам.

Можно заметить, что положение о тождестве вычислимых и рекурсивных функций и убежденность в тождестве понятий "вычислимость", "машина Тьюринга" и "алгоритм" не противоречат требованиям, накладываемым на информационные системы для обеспечения эквивалентности входного сигнала и его кодированного отражения.

Во-первых, движение сигнала по контуру, т. е. процесс в определенном направлении, уже обеспечивает упорядоченность. В определении рекурсивных функций это находит свое отражение в функции следования. Во-вторых, замкнутость контура, ей соответствует функция возврат нуля (или константы). В-третьих, реакция на сумму входных воздействий равна сумме внутренних реакций на эти воздействия, что определяет требование аддитивности. Далее, при изменении амплитуды входного сигнала в k раз во столько же должна изменяться амплитуда выходного сигнала, что обеспечивается линейностью процессов. В-четвертых, процесс должен быть однородным, чтобы сохранялась устойчивость формы сигнала при изменении амплитуды.

Все перечисленные требования определяют линейную систему, для которой отклик на сумму воздействий равен сумме откликов на каждое воздействие, она реализует принцип суперпозиции. Линейная система, кроме того, осуществляет принцип рекурсии: элементом действия может выступать как отдельный элемент, так и их комбинация или комбинация откликов как результат действия функций.

Обобщая, можно сказать, что взаимодействие сводимо к элементарным тривиальным изменениям, сводимым, в свою очередь, к пространственно-временным, линейным. Эти идеи восходят к представлениям об информации основоположника кибернетики Н. Винера. Уже в самом названии его труда связаны понятия управления, т. е. обратной связи, и связи в животном и машине.

Единичный сигнал может иметь любую форму, это может быть замыкание электри-

ческой цепи, падение груза, подъем воды до определенного уровня или свет свечи. Важно, что он вызывает единичный, определенный, соответствующий только данному виду воздействия отклик в системе, изменяющий состояние системы. (Сигналом может также быть временной промежуток.)

Это позволяет определить меру количества информации для детерминированных систем как число сигналов.

Изменение количества относительно. Оно, очевидно, зависит от способности системы реагировать на качественно различные виды воздействий, а также от пределов восприятия. Это объективная сторона. Но есть и субъективная.

На столе лежит яблоко. Сколько информации содержится в данном сообщении? Наличие яблока не зависит от вероятности нахождения других яблок на предполагаемых столах. Не зависит и от других опытов по определению, лежит ли некое яблоко на столе или нет. Это единичный сигнал, который мы и воспринимаем как единичный. Для установления данного факта необходимо, чтобы в нашем сознании было сформировано понятие "яблоко" и установлена связь зрительного образа с данным понятием. Если известно, что яблоко зрелое, то это подразумевает, что сформировано понятие "зрелое". Количество информации увеличивается на единицу. Таким образом, количество информации зависит не только от числа возможных свойств, связей и сложности внутренней структуры объекта, но и от числа внутренних состояний воспринимающей системы, которые могут изменяться под воздействием внешнего сигнала. Допустим, нужно выбрать червонного валета из колоды в 36 карт. Известная задача, нужно выполнить пять шагов для выбора: 1 — выбор цвета масти, 2 — выбор определенной масти, 2 — выбор разряда старших карт, 4 — выбор разряда не самых старших, 5 — выбор валета. Каждый шаг означает идентификацию по определенному признаку: цвет, масть, разряд по старшинству, различие среди разряда старших, выбор конкретной карты. Количество информации равно 5. Количество информации, таким образом, пропорционально объему сформированных понятий и образов. Можно утверждать, что количество информации, содержащееся в законе Ньютона, со временем растет, по мере увеличения сфер и случаев своего применения.

Рассмотрим технологический процесс. Он реализовывает определенную программу обработки и формирования сырья и материалов.

В этой программе — цикле производства — каждое составляющее в своей пропорциональности и определенном месте в процессе равно любой другой составляющей, независимо от количества, выраженного в тоннах, ваттах, метрах или часах плавки. Все они суть один процесс. Каждая стадия технологического процесса соответствует определенной операции, веществу, перемещению, и засчитывается как отдельный сигнал. Такие шаги суммируются и дают общее количество информации.

Подход, основанный на измерении числа шагов технологического процесса, а не стоимостных показателей отдельных его частей, что не относится к технологическим характеристикам, позволил бы измерять степень интегрированности различных производств, долю импортируемых комплектующих, наконец, степень развития промышленной системы. Такое развитие, как известно, определяется разделением труда, которое способно получить количественную оценку.

9. Отличие сложности от информации

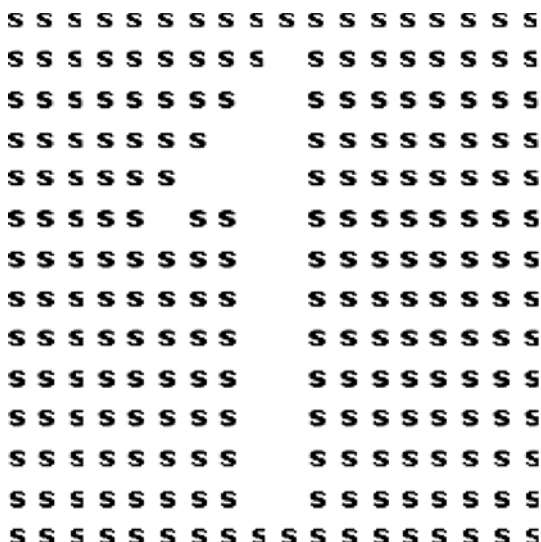
Понятия информации и сложности связаны с проблемой вычислимости, и если в отношении понятия сложности мыслимых ограничений не существует, то в отношении вычислимости вопрос остается открытым. Отсутствует четко определенное понятие сложности [18]. Теория неравновесных состояний и теория динамических систем порождают новые направления исследования сложных процессов.

Существуют методы оценки конструктивно-технологической сложности изделий. Они основываются на возможности рекурсивной иерархической декомпозиции детали на отдельные элементы. Членение, с одной стороны, имеет под собой возможность абстрактного описания, с другой — выявляет материальные технологические особенности конкретного процесса создания детали или ее обработки. Ясно, что технологические особенности включают в себя множество показателей: удобство производства изделия, ремонтпригодность, место изготовления, серийность, культура производства, доступное оборудование, привлекаемый персонал, развитость межхозяйственных связей и тому подобное. Абстрактное описание детали может существовать в голове конструктора или в памяти ЭВМ. Такое абстрактное описание, модель, информация представляют составляющую понятия сложности, но не исчерпывает его.

Имеется попытка предложить формулу расчета сложности технической системы, используя одновременно число элементов и число связей [19, с. 41—42]. Разнообразие, в отличие от сложности, не подразумевает задания иерархических структур элементов. Сложные системы, с одной стороны, могут включать самые разные виды функциональных связей между элементами, в отличие от информационных, и подразумевают необходимость описания всех элементов, связей и их различных комбинаций. С другой стороны, элемент в системе может играть роль связи, а связь выступать элементом. Сложность сборочной единицы детали А. И. Коршуновым и Б. А. Якимовичем предлагается определять как сумму сложностей входящих в нее элементов, что логично, учитывая, что собранные элементы детали не функционируют как связи.

Если попытаться определить сложность рисунка, то придется посчитать число строк формирующей его матрицы, число знаков двух типов в каждой строке, итогом станет длина формирующей матрицу алгоритма. С точки зрения заключенной в нем информации, он дает изображение единицы, и количество полученной информации равно единице, если, конечно, интерес представляет именно эта его сторона.

Подобным образом можно было бы взглянуть на изображение лица человека. При всей сложности отображения, а затем идентификации узнанное лицо представляет собой единичный сигнал, что подтверждает отличие сложности от информации. Информация всегда подразумевает отношение объекта и его описания в рамках единого цикла.



Некоторые замечания к понятиям энтропия и информация

Бурное развитие кибернетики и информатики в последние годы, главным образом в прикладной области, оставило пробел в области основания науки. Этот недостаток все более должен ощущаться в связи с необходимостью развития биологии, синергетики и связанной с ней проблемой развития сложных самоуправляемых систем, включая искусственный интеллект, а также поиском мерила развития биологических и социальных систем, поскольку структура их определяется наличием и взаимодействием различных циклов движения веществ, продуктов, информации.

Список литературы

1. **Чернавский Д. С.** Синергетика и информация: Динамическая теория информации. М.: Наука, 2001. 288 с.
2. **Шеннон К.** Работы по теории информации и кибернетике. М.: ИЛ, 1963. 832 с.
3. **Колмогоров А. Н.** Теория информации и теория алгоритмов. М.: Наука, 1987. 304 с.
4. **Эшби У. Росс.** Введение в кибернетику. М.: ИЛ, 1959. 430 с.
5. **Винер Н.** Кибернетика или управление и связь в животном и машине. М.: Советское радио, 1968. 345 с.
6. **Курцева Г. В.** Тезисы о кибернетике и синергетике // Новые идеи в философии. Эвристические функции научной философии: межвуз. сб. науч. тр. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2002. Вып. 11. С. 169—173.
7. **Шень А. Х.** Алгоритмическая теория информации. Рец. на кн. Колмогоров А. Н. Теория информации и теория алгоритмов. М.: Наука, 1987. С. 257.
8. **Коршунов А. И.** Введение в теорию конструктивно-технологической сложности изделий машиностроения // Современные наукоемкие технологии. 2004. № 2. С. 66—67.
9. **Шарин Ю. С., Якимович Б. А., Толмачев В. Г., Коршунов А. И.** Теория сложности. Ижевск: Ижев. гос. тех. ун-т, 1999. 128 с.
10. **Vigo R.** Categorical invariance and structural complexity in human conceptlearning // J. Math. Psychol. 2009. Vol. 53. P. 203—221.
11. **Vigo R.** Representational information: a new general notion and measure of information // Informational Sciences. 2011. Vol. 181 (21). P. 4847—4859.
12. **Gregory L. Murphy.** The Big Book of Concepts. Cambridge: MIT Press, MA, 2002. 555 p.
13. **Блюменфельд Л. А.** Термодинамика, информация и конструкция биологических систем // Соровский образовательный журнал. 1996. № 7. С. 88—92.
14. **Опанасюк З. В.** Психофизиологический парадокс и проблема развития // Новые идеи в философии. Эвристические функции научной философии: межвуз. сб. науч. тр. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2002. Вып. 11. С. 118—123.
15. **Маклаков А. Г.** Общая психология. СПб: Питер, 2001. 592 с.
16. **Анохин П. К.** Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. С.17-62
17. **Анохин П. К.** Философские аспекты теории функциональной системы: избр. тр. М.: Наука, 1978. 398 с.
18. **Милославов А. С.** Что такое "сложность"? // Научн.-техн. вестн. СПбГУ ИТМО. 2007. Вып. 36. С. 27—35.
19. **Бусленко Н. П., Калашников Н. Н., Коваленко И. Н.** Лекции по теории сложных систем. М.: Советское радио, 1973. 441 с.

Some Remarks on the Notions of Entropy and Information

The entropy is defined as the intensity of the stochastic process. The concept of abstract process is introduced, on the basis of which information is defined as the inner relation of the systems with feedback. There is proposed a new approach to determining the amount of information of deterministic systems.

Keywords: entropy, information, abstract process, complexity, the amount of information

DOI: 10.17587/it.26.311-319

References

1. **Chernavskiy D. S.** Synergy and information: dynamic information theory, Moscow, Science, 2001. 288 p. (in Russian).
2. **Shannon C.** Work on the theory of information and cybernetics, Moscow, The foreign lit. publ. house, 1963, 832 p. (in Russian).
3. **Kolmogorov A. N.** Information theory and algorithm theory, Moscow, Science, 1987, 304 p. (in Russian).
4. **Ashby W. Ross.** An Introduction to Cybernetics, London, Chapman and Hall LTD, 1956, 430 p.
5. **Viner N.** Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine, N. Y. — London, The M. I.T. Press and John Willey & Sons Inc., 1961, 340 p.
6. **Kurtseva G. V.** Theses on cybernetics and synergetics, *Interuniversity collection of scientific philosophy papers. New ideas in philosophy. The heuristic function of scientific.* Perm State Univ., 2002, no. 11, pp. 169—173 (in Russian).
7. **Shen' A. X.** Algorithmic theory of Information. Book review. Kolmogorov A. N. Information theory and algorithm theory, Moscow, Science, 1987. p. 257 (in Russian).
8. **Korshunov A. I.** Introduction to the theory of structural and technological complexity of engineering products, *Sovremennye Naukoemkie Tekhnologii*, 2004, no. 2, pp. 66—67 (in Russian).
9. **Sharin Yu. S., Yakimovich B. A., Tolmachev V. G., Korshunov A. I.** Complexity theory, Izhevsk, Izhevsk. Gos. Tech. Univ., 1999, 128 p. (in Russian).
10. **Vigo R.** Categorical invariance and structural complexity in human concept learning, *J. Math. Psychol.*, 2009, vol. 53, pp. 203—221.
11. **Vigo R.** Representational information: a new general notion and measure of information, *Informational Scienc*, 2011, vol. 181 (21), pp. 4847—4859.
12. **Gregory L. Murphy.** *The Big Book of Concepts*, Cambridge, MIT Press, MA, 2002, 555 p.
13. **Blymenfel'd L. D.** Thermodynamics, information and design of biological systems, *Sorovskiy Obrazovatel'nyy Zhurnal*, 1996, no. 7, pp. 88—92 (in Russian).
14. **Opanasyuk Z. V.** Psychophysiological paradox and the problem of development, *Interuniversity collection of scientific philosophy papers. New ideas in philosophy. The heuristic function of scientific.* Perm State Univ., 2002, no. 11, pp. 118—123 (in Russian).
15. **Maklakov A. G.** *General psychology*, St. Peterburg, Piter, 2001, 592 p. (in Russian).
16. **Anoxin P. K.** *Essays in the physiology of functional systems: selected works*, Moscow, Nauka, 1975, pp. 17—62 (in Russian).
17. **Anoxin P. K.** *Philosophical aspects of the theory of functional systems*, Moscow, Nauka, 1978. 399 p. (in Russian).
18. **Miloslavov A. S.** What is the complexity? *Nauchn.-texn. Vestn. SPbGU ITMO*, 2007, no. 36, pp. 27—35 (in Russian).
19. **Buslenko N. P., Kalashnikov N. N., Kovalenko I. N.** *Lectures on the theory of complex systems*, Moscow, Sovetskoe radio, 1973, 441 p. (in Russian).