

НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 1. ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДИКА
ИНФОРМАЦИОННОЙ РАБОТЫ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 3

Москва 2020

ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

УДК 001.102

Г.В. Курцева

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, информация, абстрактный процесс, количество информации

DOI: 10.36535/0548-0019-2020-03-1

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 как некоторые сведения, знания, поскольку такое опре-

деление тавтологично и не раскрывает сути понятия. (Сложности определения понятия информации описаны в работе Д.С. Чернавского [1]). Какое, например, отношение имеют наши сведения к работе автоматических устройств, функционирующих благодаря использованию принципа обратной связи?

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ

В комбинаторном подходе в качестве меры берется логарифм от числа N всевозможных размещений условных «0» и «1» в ячейках памяти $\log_2 N$, что показывает количество 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 количества ячеек с помощью меры бит. При этом, как и в остальных случаях, полностью абстрагируются от смысла или, другими словами, от содержания информации.

Второй подход основан на учете вероятностного появления в слове или в сообщении конкретной буквы из некоторого алфавита. Количество информации по К. Шеннону. Логарифм $p(x)\log_2(x)$ позволяет получать количество появлений конкретного символа, буквы, с учетом совместного распределения вероятностей для всех символов, букв, или рассчитать среднее число таких появлений.

Синтаксический подход к определению количества информации восходит к идеям К. Шеннона [2]. 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 методы тем или иным способом дают возможность оценить разнообразие форм, количества, состояний системы, шагов алгоритма, связывающего состояния, или наборы переменных, отражающих некоторые состояния системы. Под понятием «количество информации» во всех случаях подразумевается количество разнообразия. Этот факт отмечен У. Эшби [4].

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

Энтропия, с которой имеют дело статистическая физика и термодинамика, представляющая среднюю величину количества 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 неопределен-

ности наших знаний, оказывается, обуславливает вполне определенное распределение микросистем по энергиям! Изменяются ли наши знания на величину 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 количеству 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 .

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.

Определять количество информации, полученное при измерении некоторой случайной величины, Н. Винер предложил следующим образом: «... 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

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

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. Н. 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 источ-

ником появления или изменения информации является процесс, а возможность однообразного отображения в компьютере различных процессов позволяет говорить об абстрактном процессе – субстанции информации. Понятие абстрактного процесса мы вводим в [6]. Недостатком этого подхода по-прежнему остается отказ от смыслов информации. Измеряется только 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 многих случаях был бы некорректным. Сколько информации содержит факт произрастания в огороде бузины в отношении 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 Ю.С. Шарина, Б.А. Якимовича, В.Г. Толмачева, А.И. Коршунова [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. С другой стороны, решение задачи с определенными условиями можно получить с помощью различных алгоритмов разной длины, сохраняющими содержание объектов «вход» и «выход». Структуры объектов «условие задачи» и «ответ» тогда выступают инвариантами по отношению к множеству обрабатываемых их алгоритмов. Для вычислимых чисел x и y относительная информация может иметь всевозможные значения, в зависимости от различных условий задач. Если поставить вопрос: сколько информации содержится в заданном известном объекте x относительно заданного известного 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, так же выглядят и прочие вычислимые задачи. Очевидно, объект y яв-

ляется заранее не известным и формируется в ходе программы. А нахождение минимального алгоритма относится в общем случае к неразрешимым задачам.

Неясным 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 У. 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) Излагая 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 количество событий и явлений окружающего мира не удовлетворяют перечисленным условиям, исследователей не смущает.

ПОПЫТКА Р. ВИГО РЕШИТЬ ВОПРОС ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЛИЧЕСТВА ТАК НАЗЫВАЕМОЙ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Цель Р. Вигго – 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].

В отличие от А.Н. Колмогорова, Р. Вигго при попытке найти количественную меру знаний исходит из объема понятия. Не определяя содержания и 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», и одновременно вслед за Нософским, Мединым, Палмери, Шаффером (см. [12]) он развивает подход обобщенной контекстной модели.

Множество категорий (или объектов) – набор шаров, треугольников и квадратов разного размера и цвета, представляющее собой множество геометрических фигур, и по логике иллюстрирующее понятие

«геометрические фигуры», оценивается Р. Виго с точки зрения однородности по отношению не к существенным признакам, а к второстепенным – цвет, форма, размер.

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

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

где x_i – признаки, F – булева функция, D – объем множества признаков; 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:

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

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 Р. Виго оказывается в большей степени зависит от вида функции f , которая согласно контекстной модели является экспонентой, и от объема рассматриваемого множества объектов, которое в приведенных им примерах выбирается произвольно.

СЛОЖНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КОЛИЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

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

Насколько проблемы определения информации и тем более определения ее количества остаются не разработанными, можно показать на примере 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 количества генов, то ли из количества 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 К. 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 закодирован различными способами. Поэтому определять количество биологической информации, исходя из длины ДНК – количества генов представляется не разумным.

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 – мультисенсорная конвергенция, или более обще: разнородность материальных явлений и однородность информационных процессов в отображающих системах. Такого рода разнородность позволяет поставить вопрос, что есть общего в разнородных явлениях, представляющих входные сигналы для воспринимающей системы. Что является инвариантом при передаче информации через различные каналы связи и по-разному закодированной?

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 ма-

терии 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.

РОССИЙСКИЕ ФИЗИОЛОГИ О ДЕТЕРМИНИЗМЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЯВЛЕНИЙ

Разбирая особенности психических явлений и процессов, А.Г. Маклаков 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 связи в организме, реализуемой нервной системой, является отношение пропорциональности и взаимосвязанности всех физиологических процессов. Постоянные соотношения между различными величинами, определяющими взаимосвязанные циклы, позволяют один процесс отражать 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 учебника А.Г. Маклакова). Информация в форме нервных импульсов представляет собой всеобщее организменное отношение эквивалентности (и регуляции). Причем, следует говорить не только об информационной эквивалентности множества внешних воздействий и их внутренних психических отражений, что утверждает А.Г. Маклаков, но и об информационной эквивалентности внутренних психических процессов. На уровне биомолекулярной динамики пропорциональность и связанность выражаются в распознавании и взаимном узнавании макромолекул ДНК, РНК и белков.

Хотелось бы отметить неправомерность представления об информации с точки зрения психологии только как о совокупности знаний, где знаниями обозначается множество понятий и образов, чаще в речевой форме, в отличие от условных рефлексов – отмеченного физиологами свойства реагирования на раздражитель без использования знаний. По И. 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. П.К. Анохин подверг критике теорию “вероятностного прогнозирования” Файгенберга и выдвинул свою модель поведения – теорию функциональных систем. Уже учение И. Павлова утверждает принцип детерминизма. Какой бы статистической сложностью ни обладал раздражитель, он воспринимается организмом как единичный сигнал.

СИГНАЛ – ЕДИНИЦА ИНФОРМАЦИИ

Эквивалентность качественно различных изменений, назовем их сигналами, возможна в том случае, когда система обеспечивает постоянную пропорциональность между ними, а это имеет место лишь тогда, когда весь процесс заиклен. 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, и смысл имеет только относительное ее количество. С другой стороны, рассуждать о количестве информации в одном объекте по сравнению с другим можно только в случае принадлежности обоих объектов к одному связывающему их циклу, что выражает тот факт, что информация представляет собой системное отношение.

Изменение любого параметра системы должно привести к изменению сопряженных с ним величин по цепочке цикла, что создает предпосылку для образования регулирующих связей, обратных. Контур обратной связи реализует отношение причинно-следственных связей – внешнего воздействия на внутреннее и обратно. Это есть первое требование к тому, чтобы внешнее воздействие на систему приобрело информационный характер. Второе требование – это открытость системы. Третье требование – наличие движения, процесса, что связано со вторым требованием, 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 усомниться в возможности появления или изменения ин-

формации 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, предъявляемым к информационным системам 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, чему 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 Норберта 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, им может быть замыкание электрической 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 её состояние. (Сигналом может быть также временной промежуток), что позволяет определять количество информации для детерминированных систем как количество сигналов.

Изменение количества сигналов 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 количества возможных свойств, связей и сложности внутренней структуры объекта, но и от количества внутренних состояний воспринимающей системы, которые могут изменяться под воздействием внешнего сигнала. Допустим, надо выбрать червонного валета из колоды в 36 карт. Известная задача – нужно произвести пять шагов для выбора: 1 – цвета масти, 2 – определенной масти, 3 – разряда старших карт, 4 – разряда не самых старших карт, 5 – валета. Каждый шаг означает идентификацию по определенному признаку: цвет, масть, разряд по старшенству, различие среди разряда старших, выбор конкретной карты. Количество информации равно 5, т. е. 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 количества шагов технологического процесса 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.

ОТЛИЧИЕ СЛОЖНОСТИ ОТ ИНФОРМАЦИИ

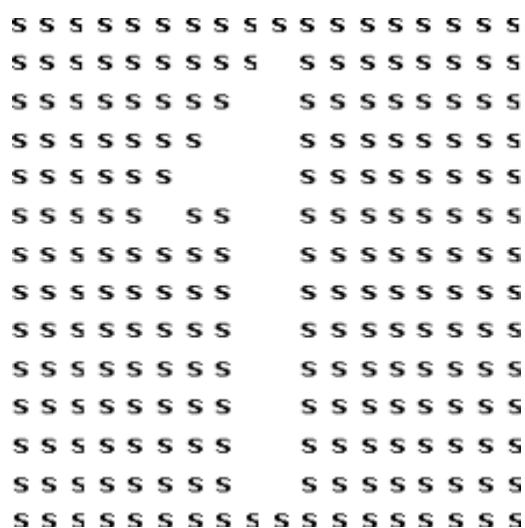
Понятия информации и сложности связаны с проблемой вычислимости, и если в отношении понятия сложности мыслимых ограничений не существует, то в отношении вычислимости вопрос остается открытым. Четко определенное понятие сложности отсутствует [18]. Теория неравновесных состояний и теория динамических систем 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 – 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 представляет составляющую понятия сложности, но не исчерпывает его.

Имеется попытка предложить формулу расчета сложности технической системы, используя одновременно количество элементов и количество связей [19, с. 41-42]. Разнообразие в отличие от сложности не подразумевает задания иерархических структур элементов, поскольку на каждом уровне определяется цепочкой событий, укладываемых в единый цикл. 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. Коршунов и Б.А. Якимович предлагают определять как сумму сложностей входящих в нее элементов, что логично, учитывая, что собранные элементы детали не функционируют как связи.

Если попытаться определить сложность представленного рисунка, то придется посчитать количество строк формирующей его матрицы, количество элементов двух типов в каждой строке, или хотя бы элементов одного типа, 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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бурное развитие кибернетики и информатики в последние годы, главным образом в прикладной области, оставило пробел в фундаментальной науке. Этот недостаток все более ощущается в связи с необходимостью развития биологии, синергетики и связанной с ней проблемой развития сложных самоуправляемых систем, включая искусственный интеллект, а также с 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 / перевод с англ. – 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.; Ashby W. Ross. An Introduction to Cybernetics. – don: Chapman and Hall LTD, 1956.
5. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. – М.: Советское радио, 1968. – 345 с.; 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. 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 // Соревновательный 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»? // Научно-технический вестник 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. – 441с.

Материал поступил в редакцию 31.01.20.

Сведения об авторе

КУРЦЕВА Гузель Васильевна – младший научный сотрудник ВИНТИ РАН, Москва
e-mail: gibiscus.geranium@yandex.ru