

ЧТО ТАКОЕ ИНФОРМАЦИЯ.

В. В. Саночкин

(Часть 2)

В прошлом номере журнала мы обсудили предлагавшиеся ранее определения информации и показали их несостоятельность. Чтобы прояснить сущность информации мы проанализировали её отношения с такими фундаментальными понятиями, как структура и движение, и в результате пришли к выводу, что информация возникает в результате сравнения и соответствует новому определению, опубликованному в [1, 2].

Информация – это существующие на материальном носителе соотношения свойств объектов, определенные в момент сравнения или взаимодействия этих объектов.

Конкретные значения этих соотношений называются содержанием информации.

Прокомментируем каждый компонент этого определения.

Существование на материальном носителе – это важный признак. Он отражает диалектическую связь информации и материи – их несводимость одного к другому и взаимовлияние, в частности, возможность создавать, сохранять и копировать информацию путём взаимодействия материальных объектов.

Сравнение является непосредственной причиной возникновения информации. Сравнение может быть любым: непосредственным или опосредованным. Непосредственное (объективное) сравнение происходит при взаимодействии самих объектов. Оно объективно определяет соотношения свойств и, таким образом, производит объективную информацию. Первоначальным носителем (источником, оригиналом) этой информации является сама система взаимодействующих объектов.

Субъект может получить информацию об этой системе либо, копируя объективную информацию из системы, либо независимо производя опосредованное (субъективное) сравнение. В обоих случаях он становится носителем субъективной информации. Субъективная информация зависит от свойств и конкретных действий субъекта и, как правило, отличается от объективной информации неполнотой и погрешностями, что обусловлено также закономерностями передачи и преобразования информации.

Объекты сравнения, упомянутые в определении, имеют только одно ограничение – они должны иметь общее свойство. В остальном, каждый из них может быть совершенно произвольным: простым или сложным, материальным или идеальным. В частности, объектом сравнения может быть сообщение, символ или другой информационный объект.

Соотношения свойств – это то, что определяется в результате сравнения или взаимодействия, то, что передаётся, копируется, кодируется в процессе передачи или преобразования информации. Важно, что одни и те же соотношения могут воспроизводиться самыми разными свойствами самых разных объектов. Это позволяет информации существовать на носителях самой разной физической природы и передаваться между ними при их взаимодействиях, образуя в них связанные соотношения свойств – связанные состояния. Если при передаче на другой носитель, соотношения сохраняются и на исходном носителе, происходит размножение или тиражирование информации. Существующие вокруг нас объективные соотношения свойств различных объектов передаются к нам связанными с ними соотношениями свойств элементов передающих систем или сред и существует в нашем мозгу в виде связанных соотношений свойств нейронных систем. Кстати, до появления данного определения наука не могла сказать, каким образом информация об окружающем мире представлена в мозгу.

Привязка к моменту времени важна, чтобы понимать, когда возникло данное содержание информации, что оно отражает. Содержание информации зависит от момента сравнения и копирования. Так, содержание скопированной информации соответствует состоянию оригинала на момент копирования. С изменением оригинала оно перестаёт отражать его текущее состояние, но отражает прошлое. Сравнивая информацию, относящуюся к разным моментам времени, мы можем узнавать об изменениях.

Из определения вытекает, что простейший, элементарный случай получения информации – это сравнение двух объектов по одному свойству – *элементарное сравнение*. Получаемый при этом 1 бит информации определяет альтернативу типа: равна или нет, больше или меньше интенсивность свойства у одного объекта по сравнению с другим. Каждое *новое* элементарное сравнение добавляет 1 бит информации. Минимальное число элементарных сравнений, необходимых для получения некоторой информации, определяет *количество* этой информации в битах. Сочетая элементарные сравнения и, например, метод дихотомии*, можно уточнять соотношения свойств и выражать их в числах.

Чем больше независимых сравнений, тем больше информации, тем точнее известно соотношение. К этому сводится любое измерение. Более наглядно измерение представляется, как сравнение свойства объекта с некой естественной или искусственной шкалой этого свойства. Путём последовательных сравнений свойств объекта со свойствами ряда пробных объектов производят классификацию, то есть получают информацию о принадлежности этого объекта к некоторому классу объектов. Фиксируя в своем мозгу соотношения различных свойств самых разнообразных объектов и обрабатывая эту информацию, то есть, находя соотношения между свойствами частей полученной информации, в результате сложной иерархии сравнений мы извлекаем всё более общую информацию и познаём мир.

Универсальность данного определения информации.

Во-первых, *данное определение не противоречит здравому смыслу*. Если субъект узнаёт соотношение свойств некоторых объектов то, несомненно, он получает информацию.

Во-вторых, *данное определение не противоречит многократно проверенной теории связи*, основанной на работах Шеннона и утверждающей, что количество информации связано с изменением неопределённости. Сравнение уменьшает неопределённость соотношений свойств и, таким образом, увеличивает количество информации.

Наконец, докажем, что *информация о существовании и изменении любого объекта может быть получена сравнением и соответствует данному определению*.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. *Об изменении или появлении объекта*, узнают путём сравнения текущего состояния с прошлым. Но непосредственно сравнить эти состояния нельзя, так как прошлого состояния уже нет. Можно сравнить либо изменившийся объект с аналогичным неизменным, либо текущее состояние с информацией о прошлом. В обоих случаях, в согласии с определением, будет получено зафиксированное соотношение свойств объектов сравнения. *Существование объекта* можно установить, фиксируя его появление и изменение, как только что описано, или путём сравнения аналогичных объектов, один из которых содержит это нечто, а другой нет. В результате информация о существовании также появляется на материальном носителе в виде соотношения свойств объектов сравнения.

Итак, *доказано*, что информация о существовании и изменении любого объекта может быть получена сравнением и соответствует данному определению. А поскольку

* Сначала сравнивают сами величины, затем меньшую с половиной большей, затем делят пополам ту половину большей величины, в которую попадает конец меньшей, и сравнивают меньшую величину, соответственно, с $\frac{1}{4}$ или $\frac{3}{4}$ большей и так далее.

всё в природе, включая жизнь, общество и психику, в конечном счёте, сводится к наличию, отсутствию и изменению некоторых реальных или идеальных объектов, то, в принципе, нет такой информации, которую нельзя было бы получить или создать сравнением, и данное определение, охватывая все возможные разновидности информации, является наиболее общим.

Отметим, что ни одно из предыдущих определений информации не имело доказательств своей универсальности, а сама возможность достаточно строгих логических построений с данным определением говорит о его логической корректности и конструктивности, о новом уровне подхода.

Эквивалентность информации и структуры

Теперь, имея определение, можно более строго проанализировать отношения между понятиями «информация» и «структура».

Для ясности дальнейших рассуждений напомним, что такое структура, и каковы её свойства. Согласно словарям, *структура – это совокупность связей между объектами*. Структуры бывают неустойчивыми, и, значит, связи в них тоже не обязательно устойчивы. Это позволяет структурам изменяться.

Структура вместе с объединяемыми объектами составляет *систему*. Одна и та же структура может быть воспроизведена в разных системах, то есть одна и та же совокупность связей может быть установлена между разными объектами. Так, количественные соотношения могут связывать числа, массы, температуры, длины и так далее.

Общую часть структур некоторого количества систем будем называть общей структурой. Структуры можно различать по уровню общности. Менее общие структуры содержат дополнительные связи, по сравнению с более общими. Соответственно, более общие структуры воспроизводятся в менее общих, как их часть. Например, структура стола в виде горизонтальной поверхности и удерживающей её подставки, воспроизводится в менее общих структурах: стол на ножках, стол с тумбами, в виде доски на пеньке и так далее.

Структура имеет состояние, которое характеризуется конкретным количеством её связей, конкретными значениями, определяющими эти связи, и топологией, то есть взаимным расположением связей. Для примера, представим себе структуру из трёх связей $\{a;b;c\}$. Пусть это будут количественные соотношения между некоторым объектом и тремя другими. Такую структуру можно воспроизвести, как отношение трёх чисел к единице, как отношение масс трёх тел к эталонной массе, как координаты точки в трёхмерном пространстве. Перечень можно продолжать сколько угодно. Состояние структуры можно копировать из одной системы в другую, например, изображая температуры или массы тел отрезками соответствующей длины на бумаге. При этом состояние размножается. Как результат копирования или как проявление общих причин, одно и то же состояние структуры может быть воспроизведено во многих системах одновременно. Так, все свободные атомы водорода имеют одинаковую структуру энергетических уровней электрона.

Как видим, *свойства структуры совпадают с широко известными свойствами информации* – обе могут распространяться, копироваться, размножаться, существовать во многих экземплярах. *Оба понятия определяются, как совокупность связей между объектами*. Между ними имеется только одно различие – в определении структуры вид связей не ограничен, а в определении информации в качестве связей указаны соотношения свойств объектов.

Докажем, что любые связи, если не являются соотношениями свойств объектов, то сводятся к ним. Используем стандартное доказательство «от противного» и, в соответствии с ним, предположим, что верно обратное утверждение, а именно, что имеются связи, которые принципиально не сводятся к соотношениям свойств. Тогда объекты,

объединенные такими связями, не могут ни различаться, ни быть одинаковыми, поскольку и то, и другое выражается соотношением свойств. Это явный абсурд, и, следовательно, наше предположение ложно.

Таким образом, мы доказали, что *любые связи сводятся к соотношениям свойств объектов*, и, согласно определениям, любая структура сводится к информации, то есть понятия «информация» и «структура» эквивалентны. Содержание информации эквивалентно состоянию соответствующей структуры.

Эта эквивалентность ещё раз подтверждает универсальность определения информации. Ведь, по сути, мы доказали, что информация, определённая через соотношение свойств, может отражать состояние любой структуры, то есть, непознаваемых структур нет.

Почему же эта эквивалентность до сих пор не замечена? Всё дело в том, что понятия «информация» и «структура» обычно используются в разных контекстах. «Структура» чаще понимается как внутреннее устройство системы и, поэтому, иногда даже замещает слово «система». Слово «информация», наоборот, применяется в контексте связи между системами, когда одна система несет информацию о другой. Эквивалентность понятий проявляется только в одинаковых контекстах. Так, в контексте устройства системы, соотношения свойств ее частей, по определению, являются информацией о системе, а как совокупность внутренних связей, и ее структурой. В контексте взаимодействия между системами понятия также совпадают. Когда часть структуры одной системы при взаимодействии копируется в другую, то вторая система становится носителем информации о первой системе, воспроизводя некоторые соотношения ее свойств. Например, по отпечатку камня в глине, можно получить информацию о форме камня, не имея самого камня. То есть, информация – в данном случае, структура поверхности – с камня передалась в глину при их взаимодействии, а с глины – к наблюдателю. Продемонстрированное совпадение смысла понятий в общих контекстах и есть проявление их эквивалентности.

Эта эквивалентность имеет важнейшие следствия. Вот некоторые из них.

- Становится несомненным, что информация является столь же фундаментальным понятием, как и структура. Она присутствует во всех материальных объектах и преобразуется вместе с ними при любом взаимодействии, в частности, и в неживой природе.
- Во всех приемниках информации воспроизводится некоторая часть структуры её источника, причём объектами, быть может, иного, по сравнению с источником, вида. Другими словами, в результате передачи информации структура приёмника информации становится частично связанной со структурой её источника.
- Обмен информацией – это обмен структурами, это обратная связь, которую можно назвать структурной [3] – часть структуры одной системы передается в другую, преобразуется там и возвращается обратно в первую, в результате чего структуры обеих систем изменяются и становятся взаимосвязанными.

Подчеркнём, что взаимодействие, передающее информацию, не только воспроизводит уже существующие связи, но устанавливает и новые связи между источником и приёмником информации, то есть, в соответствии с обсуждаемым определением, генерирует информацию.

Иллюстрации применения определения информации

Проиллюстрируем конструктивность и полезность обсуждаемого определения.

Например, из определения следует, что для существования информации нужны, как минимум, два объекта. Однако, на первый взгляд, информация часто связывается только с одним объектом, в частности, фразой: «Информация об объекте». При более вни-

мательном рассмотрении обнаруживается, что «информация об объекте» – это либо соотношение свойств частей упомянутого объекта, либо результат его неявного сравнения с другими объектами. Эти подразумеваемые объекты обычно бывают общепринятыми определениями, образцами или символами, широко известны и, как правило, входят в контекст общения. Например, информация о том, что объект горячий, подразумевает неявное сравнение с температурой человека. Информация о цвете предполагает сравнение с общепринятой цветовой шкалой или цветом известного объекта. Например, коричневый цвет предполагает сравнение с цветом корицы. Информация, что предмет является одеждой, мебелью, домом, городом – подразумевает сравнение с общепринятым понятием, определением, образом или образцом. Название обозначает информацию о найденных с помощью сравнений отличиях данного объекта. Именно по этим отличиям путём сравнений названный объект и узнается среди остальных.

Как уже отмечалось, определение помогает понять, почему и как информация может существовать на носителях самой различной природы и передаваться внутри или между ними. Это происходит благодаря способности взаимодействия создавать связанные состояния. Например, при гравитационном взаимодействии двух тел отношение их ускорений a_1/a_2 согласно законам Ньютона обратно пропорционально отношению их масс m_1/m_2 . То есть указанные соотношения связаны между собой, и каждое из них является информацией о другом. Поэтому, измеряя соотношение ускорений, мы узнаём о соотношении масс, а зная соотношение масс, можем сказать, как соотносятся их ускорения. Как видим, взаимодействие объектов в системе приводит к закономерной передаче соотношений от одних свойств к другим. Это называется причинно-следственной связью. Таким образом, в результате причинно-следственной связи информация может передаваться от причины к следствию или наследоваться.

В более сложных системах происходит уже не просто передача, а закономерное преобразование информации и возникает множество связанных состояний. Например, при гравитационном взаимодействии не двух, а нескольких тел, сила, приложенная к каждому телу, определяется суммарным воздействием всех остальных тел, и, в принципе, такую систему можно использовать, как элемент аналогового компьютера – «векторный сумматор». Ускорения всех тел в такой системе взаимосвязаны, и измеряя ускорение одного тела, можно получить информацию о других телах. Например, ускорение центра масс этих тел направлено противоположно ускорению данного тела.

При взаимодействиях систем, как в естественных, так и в искусственных условиях, может происходить перенос соотношений свойств из одной системы в другую, и в этих системах тоже возникают связанные состояния. При этом одни и те же соотношения могут воспроизводиться в разных системах свойствами самых различных объектов: физических тел, биологических клеток (в частности, нейронов), молекул, элементарных частиц и, вообще, любых фрагментов поля или вещества. Такой перенос информации происходит, например, когда камень оставляет отпечаток в глине или при передаче изображения по телевидению. В последнем случае, информация об объекте сначала переносится отраженным от него светом, затем отображается распределением заряда в иконоскопе, далее токами в элементах электронной аппаратуры, затем с помощью антенны переносится на электромагнитные волны, а на приемном конце снова на токи. Потом в электронно-лучевой трубке та же информация отображается электронным пучком, люминофором и, затем, излучённым им светом, который, наконец, попадает на сетчатку глаза. Там информация воспроизводится распределением светочувствительного вещества, и, в конце концов, преобразуется в структуру возбуждения нейронов в нашем мозге. Что, собственно, передаётся по этой длинной цепочке столь разнообразных носителей? Ни что иное как, воспроизведённые пространственной или временной структурой каждого из перечисленных носителей соотношения свойств элементов поверхности изображаемого объекта, то есть информация о нём. Состояния всех перечис-

ленных носителей, благодаря взаимодействиям, становятся связанными или информацией друг о друге, и эта информация передаётся по причинно-следственным связям.

В принципе, оригинальные соотношения могут либо прямо *воспроизводиться* на вторичном носителе в виде аналогичных соотношений в его структуре, либо *обозначаться* некими символами – другими соотношениями или их комбинациями. В первом случае мы имеем дело с аналоговым представлением информации, с аналоговым сигналом, а во втором – с символьным представлением, с кодовым сигналом. Символьное представление сложнее аналогового, поскольку требует создания и использования дополнительной информации: таблиц или функций соответствия между обозначаемыми объектами и их символами и правил операций над символами. Поэтому символьное представление стало использоваться природой не сразу и не так широко, как аналоговое.

Примером символьного представления информации является человеческая речь. В ней информация об оригиналах – соотношения их свойств – передаётся словами и их отношениями, обозначающими или имитирующими оригинальные соотношения. Речь является примером воспроизведения информации о материальных объектах с помощью информационных, нематериальных объектов, каковыми являются слова и другие объекты языка. Обратными примерами, когда информация о нематериальных объектах: размышлениях, чувствах, переживаниях, состояниях души – воспроизводится в виде соотношений свойств материальных объектов, являются мимика, жестикация и многие предметы искусства.

Данное определение помогает понять, почему, несмотря на исходную объективность информации, необходима её дополнительная характеристика – смысл. Всё дело в том, что при копировании переносится не вся информация об оригинале, на новом носителе соотношения свойств воспроизводятся другими объектами, возможно, с другими свойствами; скопированная информация оказывается в другом окружении, теряется её привязка ко времени. Иначе говоря, скопированная информация становится субъективной, она теряет контекст оригинала и оказывается в отличном от него контексте вторичного носителя или воспринимающего субъекта. Установление исходного смысла информации связано с реконструкцией контекста оригинала, то есть с определением при сравнении каких свойств и каких объектов появилась данная информация. Заметьте, что, когда такой контекст воспроизводится достаточно полно, трудностей с определением смысла не возникает. Например, устройства записи-воспроизведения звука воспроизводят на выходе и материальный носитель – звуковое поле, и содержащуюся в нём информацию, то есть все основные части контекста слуховых ощущений при прослушивании оригинала. Поэтому, слушая старый граммофон, мы легко понимаем, когда говорит человек, а когда играет скрипка. Однако, глядя на граммофонную пластинку, где то же самое записано изгибами канавки, мы не можем понять, где скрипка, а где речь, поскольку воспринимаем информацию в несвойственном оригиналу контексте. Более подробно понимание информации рассмотрено в [2].

Итак, найденное определение соответствует представлениям об информации в затронутых областях. Оно полезно и конструктивно, ибо, как мы убедились, помогает прояснению связанных с информацией вопросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саночкин В. В. Что такое информация. – Философские исследования, №3, 2001, с.129-141.
2. Саночкин В. В. Природа информации и развития. – М.: 2004. – 76 с.
3. Саночкин В. В. «Универсальная причина развития». – Философские исследования, №3, 2001, с.198-203; «Фундаментальная причина развития». - на сайте Московского международного синергетического форума, www.synergetic.ru.