

III. РЕФЕРАТЫ

О. ЛОМБАРДИ

ЧТО ТАКОЕ ИНФОРМАЦИЯ?

Lombardi O.

What is information? // Found of science. – Dordrecht etc., 2004. – Vol. 9, N 2. – P. 105–134.

Олимпия Ломбарди (Национальный университет Аргентины, Буэнос-Айрес) описывает текущую ситуацию, сложившуюся в науке, вокруг понятия информации. Причиной написания статьи является то, что во многих случаях это важное понятие вводят без точного определения. В этой связи автор сравнивает четыре подхода – К. Шеннона (классический физический) и альтернативные подходы (семантический Ф. Дречке), (лингвистический П. Коссо) и Т. Ковера и Дж. Томаса (синтаксический)¹. Последние три подхода по-разному определяют понятие информации. Для Дречке информация – это отдельное сообщение, посланное источником и принятое приемником. Коссо определяет информацию как знание, полученное в результате физического взаимодействия наблюдаемого объекта и детектора. Ковер и Томас считают ее энтропией пары случайных дискретных величин.

Первой теорией информации является теория Шеннона. Она появилась в конце 1940-х годов и до сих пор служит основой для рассмотрения понятия информации в технике, описывает процесс передачи информации через коммуникационный канал и дает не-

¹ См.: *Dretske F.* Knowledge and the flow information. – Cambridge (MA), 1981; *Kosso P.* Observability and observation in physical science. – Dordrecht etc., 1989; *Cover T., Thomas J.* Elements of information theory. – N.Y., 1991.

которые выводы относительно эффективности и оптимизации такой передачи. Согласно этой теории, передача информации осуществляется по информационному каналу (channel) от источника S к приемнику R . Для источника и приемника определяется наборы состояний, в которых они могут находиться. С каждым состоянием (s_i) источника связывается определенная вероятность $p(s_i)$, с которой он может принять данное состояние. Для приемника проводится такая же операция. Количество информации I , которое создается источником, определяется так:

$$I(s_i) = \log 1/p(s_i).$$

Основание логарифма определяется основанием системы исчисления, в которой кодируется информация. Например, для двоичного кода это будет два, а для более привычной для нас десятичной системы счисления, это будет, соответственно, десять.

Теория Шеннона не определяет каких-либо свойств источника и приемника, кроме набора вероятностей, и не останавливается на их конструктивных особенностях, она рассматривает процесс передачи информации в целом, не вдаваясь в подробности.

Определив количество информации, которая испускается источником в одном определенном состоянии, теория Шеннона определяет среднее количество информации, которое создается источником. Аналогичные определения вводятся и для приемника.

После определения источника и приемника теория Шеннона определяет канал, по которому передается информация. Канал определяется на основе определений источника и приемника как матрица вероятностей, в которой элемент с индексом (i, j) равен вероятности приемника реализовать состояние r_j , если источник реализовал состояние s_i . Из этого определения следует основное свойство матрицы, а именно то, что сумма элементов любого ряда или столбца должна быть равна единице. Это свойство говорит о том, что приемник не может никак не отреагировать на возникновение на источнике какого-либо состояния и что определенные для приемника и источника наборы состояния исчерпывают все их возможные состояния.

Теория Дречке является попыткой адаптировать теорию Шеннона для тех случаев, когда рассматривается не поток инфор-

мации, а передача завершенных сообщений. Такое описание передачи информации более удобно для использования в некоторых областях знания. В частности, оно может быть применено к описанию речи. Для достижения этой цели в теории Дречке рассматриваются не средние величины, а отдельные состояния. Его теория, определяя количество информации, создаваемой источником, потом не переходит к средним величинам.

В рассуждениях Дречке есть несколько спорных мест и логических тонкостей, не до конца им учтенных. В частности, такая ситуация возникает при определении переданной информации. Согласно Дречке, переданная информация есть информация, созданная источником и принятая приемником, т.е. информация, созданная источником, минус потери при передаче. Исходя из этого можно определить среднюю переданную информацию как сумму отдельных фрагментов информации, где весами взяты вероятности реализации на приемнике состояния r_j при реализации на источнике состояния s_i . Именно в этом месте Дречке ошибается. Как легко увидеть, после такого перехода полученное в результате выражение невозможно преобразовать к разности между средней созданной источником информации и потерями при передаче по коммуникационному каналу. Это происходит из-за того, что теория Дречке определяет потери при передаче информации как функцию, зависящую только от состояния приемника, хотя потери должны зависеть также от характеристик канала. Таким образом, потери можно определить как количество информации, поглощенное каналом. В этом случае можно избежать несогласованности в определении переданной информации.

Следующий вывод Дречке заключается в том, что чтобы узнать полную информацию о реализованном на источнике состоянии по возникновению на приемнике состояния, можно только в том случае, если переданная информация равна информации, созданной источником. В этом случае потери при передаче информации должны быть равны нулю. Следовательно, считает автор статьи, можно создать такой канал, в котором для выбранной пары (s_i, r_j) потери будут стремиться к нулю. Тогда даже при малой вероятности принятия приемником состояния r_j при состоянии источника s_i можно будет принять эту информацию. Для выполнения этого условия Дречке требуется, чтобы вероятность принятия при-

емником состояния источника была равна единице. Но, к сожалению, это не так – данное условие не приводит к равенству нулю потерь при передаче информации после перехода к средним величинам. Исходя из этого автор делает вывод, что после внесения необходимых корректировок в теорию Дречке его определение информационного содержимого не выражает ничего из того, чего не было бы в теории Шеннона.

В реальности для определения всех вероятностей, которые описывают источник, канал и приемник, необходимо провести статистические исследования. Иными словами, приемник должен обладать знанием об источнике, полученном до начала основной передачи. Следуя логике Дречке, информация, полученная приемником, должна зависеть и от свойств источника. Без четкого определения информации об источнике, доступной приемнику до начала передачи, невозможно определить количество нового знания, полученного передачей информации.

Коссо определяет объект, который можно наблюдать. В его теории такой объект может испускать информацию, которую может непосредственно принять приемник. Коссо отказывается от логического канала передачи информации и требует наличия физического процесса, передающего информацию от источника к приемнику. Развивая теорию Дречке, он для облегчения перехода от информации к знанию делит доступную приемнику информацию на два типа: новую, т.е. ту, что приемник непосредственно принял от наблюдаемого объекта, и избыточную, т.е. знание приемника о наблюдаемом объекте, которое он получает до начала наблюдений. Основываясь на этом, Коссо, в частности, проводит разделение наблюдений в физике – делит все наблюдаемые сущности на непосредственно воспринимаемые человеком и на те, что человек может воспринять только с помощью приборов.

В теории Коссо, в отличие от теории Дречке, не используются формальные возможности теории информации Шеннона. Из-за этого она не может сформулировать точную концепцию научного наблюдения и часто делает неверные выводы. Рассматривая, в частности, пример, когда одному состоянию источника могут соответствовать два состояния приемника, она делает вывод, что передаваемой информации недостаточно для получения информации во всех случаях. Но если рассмотреть этот пример с формальной точки

зрения, то можно увидеть, что при передаче информации о состоянии источника просто происходят потери. Потери не дают возможности приемнику принять всю созданную источником информацию, а без этого невозможно получить информацию о состоянии источника.

Другим отличием теории Коссо от теории Дречке является требование, чтобы информация передавалась посредством физического канала. В теории Дречке это неважно, так как там просто рассматривается передача информации, не заботясь о том, как именно она передается и какую физическую сущность из себя представляет. Теория же Коссо рассматривает научное наблюдение со своим определением наблюдаемого объекта. Из-за этой разности во взглядах получаются несогласованности при интерпретации результатов экспериментов. Наиболее явное расхождение возникает при применении этих двух теорий для интерпретации результатов опровергающих экспериментов, т.е. экспериментов, где событие может быть наблюдаемо через отсутствие некоторых других событий. По Дречке, подобная интерпретация имеет смысл в любом случае, когда он не противоречит логике. В теории Коссо требуется наличие физического канала для распространения информации или хотя бы возможность реализовать такой канал.

Теория Ковера и Томаса берет свое начало в термодинамике. Она рассматривает две непрерывные величины, определенные в разных областях. Над этими величинами определяются функции вероятности: значение функции в определенной точке равно вероятности данной величины принять это значение. Затем определяются энтропии величин и определение энтропии распространяется на две случайные дискретные переменные путем введения функции вероятности для пары случайных событий. Определяются так называемые «объединенная энтропия», «условная энтропия» и «общая энтропия», которая может быть выражена через первые две; шум и потери могут быть интерпретированы здесь как «условные энтропии».

Из рассмотрения всех вышеперечисленных теорий следует вывод, что определить однозначно природу информации невозможно, хотя определенные связи между вышерассмотренными теориями существуют. Они проявляются в том, что в любом случае формулы, получаемые для описания количества информации, сов-

падают. Расходятся интерпретации. Теории Коссо и Дречке можно рассматривать как приложения на практике теории Ковера и Томаса. Для устранения проблем с различными определениями понятия информации автор предлагает использовать это определение только в физическом смысле. Такое определение информации сохраняет не только возможность перехода от информации к знанию, но и соответствует общему смыслу, вкладываемому в понятие информации в настоящий момент.

А.И. Панченко,

Н. Песков,

В.А. Яковлев