

Парадокс Шоу и понятие 'Информация'

Если у вас есть яблоко и у меня есть яблоко, и мы обменяемся этими яблоками, то у каждого из нас будет по яблоку. Но если у вас есть идея и у меня есть идея, и мы обменяемся этими идеями, то у каждого из нас будет по две идеи.

Б. Шоу

Понятие "Информация" на сегодняшний день не имеет ни устоявшегося, ни даже просто внятного толкования. Этаким "поручик Кижэ", который "арестант секретный и фигуры не имеет". Спекуляций на тему "что есть Информация" можно найти без счета. В том числе и попытки представить информацию в виде реального физического агента, подчиняющегося законам сохранения.

Они — философы - всматривались в глубину житейского моря, чтобы в ней разглядеть истину, и конечно видели там только свои собственные физиономии.

В. Ключевский "Записная книжка", Июнь 1892

Другая проблема связана с попытками представить распространение информации, как явление переноса, характеризуемое, по аналогии с процессами энерго-/массопереноса, количеством перемещенного агента. Этого соблазна не избежал даже такой "диссидент" как А. Вейник.

В самых запущенных случаях, информацию прямо отождествляют с энергией (негэнтропия) и пытаются подставлять в термодинамические формулы.

Надо сказать, что сами творцы кибернетики были очень осторожны в определениях, предпочитая обозначить границы того, чем Информация не является:

"Информация есть информация, а не материя и не энергия."

Н. Винер "Кибернетика", 1948

"Информация - это не вещь"

У. Эшби "Введение в кибернетику", 1958

и там же:

"Всякая попытка трактовать информацию как вещь, которая может содержаться в другой вещи, обычно ведет к трудным "проблемам", которые никогда не должны были бы возникать"

Некоторые авторы и вовсе избегают сочетания "Теория информации", предпочитая нейтральные термины, например, "Статистическая теория связи". Представляется, что изящное определение Б. Шоу может быть использовано и как критерий отбора кандидатов на роль "Информации": достаточно предъявить "демонку Шоу" сущность, претендующую быть информацией и проверить на соответствие заданному поведению.

Заметим, прежде всего, что информация не является ни материей, ни ее свойством. И то и другое прямо следует из неперемещаемости информации. По сути, это было понятно еще Платону, явно разделявшему мир вещей и идей.

Чтобы подчеркнуть нематериальность обмена информацией, выразим парадокс Шоу в следующей эквивалентной форме:

Под "обменом" информацией понимается процесс ее дублирования без затрат энергии источника.

Определим Информацию как ответ на заданный вопрос. Ответ на незаданный вопрос - это шум. Немногие из использующих e-mail, например, склонны считать информацией рекламный спам в почтовом ящике.

Заметим, что ситуация "вопрос-ответ" распадается, на самом деле, на два зеркальных сценария, отчетливо демонстрирующих относительность и симметрию понятий "источник" и "приемник". Первый сценарий ("вопрос к оракулу") реализуется, когда спрашивающему совершенно неизвестен ответ. Второй сценарий ("вопрос экзаменатора") реализуется, когда спрашивающему ответ, наоборот, заведомо известен. В обоих случаях определяется рассогласование корреспондентов, но отсчетные реперы противоположны.

Четыре важных следствия из предложенного выше определения:

- *Существование модели*
- *Возможность выбора*
- *Процесс коммуникации*
- *Интерпретация ответа*

Существование Модели означает как предположение о свойствах объекта, так и ожидание определенного поведения. Например, в опытах с бросанием монеты, понятие свойства предполагает "плоскую" монету, всегда выпадающую только лицевой (аверс) или обратной (реверс) стороной и никогда - на ребро. Предполагается, что рельеф лицевой и обратной сторон различен и различим. Предполагается, что подброшенная монета обязательно упадет, а не унесется со свистом в космическое пространство. Поведение предполагает случайность и равновероятность выпадения любой из сторон, и что различие рельефа аверса и реверса не оказывает влияния на исход опыта. Пример буриданова осла убеждает нас, что выбор из равноправных возможностей наиболее труден.

Модель не предполагает, что монета является подлинной, не имеет изъянов или имеет хождение. Модель не учитывает номинала монеты, ее вес, альбедо или электропроводность. Иными словами, Модель - это абстракция (существенных только для задающего вопрос) аспектов состояния и поведения

объекта, не требующая ни реального существования объекта, ни фактического наличия у него данных свойств, ни даже совпадения реальных свойств объекта со свойствами модели.

Выбор означает, что спрашивающий не уверен в своем прогнозе состояния и/или поведения объекта. Экзаменуемый студента профессор, например, менее всего ожидает получить от него новую информацию - его интересует усвоение старой.

Простейшим нетривиальным выбором, очевидно, будет выбор из двух равноправных вариантов и такому выбору будем приписывать значение единицы количества информации.

Процесс коммуникации означает, что вопрос должен быть задан и ответ на него получен. Так же, как не является информацией ответ без вопроса, ей не является и вопрос без ответа. Таким образом, информация не существует без установления коммуникации и вне ее. Иными словами, информация не является самостоятельной сущностью, а только результатом некоторого процесса, который удобно назвать Измерением. Примером такого процесса может служить анкетирование. То, что информация является именно результатом процесса, можно проиллюстрировать процессом размножения у двуполовых видов, где новая особь возникает как результат коммуникации, и новая уникальная комбинация никогда не существовала ранее.

Сова приложила ухо к груди Буратино. – Пациент скорее мертв, чем жив, – прошептала она и отвернула голову назад на сто восемьдесят градусов. Жаба долго мяла влажной лапой Буратино. Раздумывая, глядела выпученными глазами сразу в разные стороны. Прошлепала большим ртом: – Пациент скорее жив, чем мертв... Народный лекарь Богомол сухими, как травинки, руками начал дотрагиваться до Буратино. – Одно из двух, – прошелестел он, – или пациент жив, или он умер.

А. Толстой "Золотой ключик, или приключения Буратино"

Интерпретация означает, что ответ - каким бы он ни был, может быть истолкован только в рамках заданной модели. Не укладывающийся ни в какие рамки ответ - это Парадокс, требующий смены парадигмы. Парадокс Рассела неразрешим в рамках статической теории, лишенной понятий "до" и "после". Нулевой результат для скорости эфирного ветра, потребовал введения релятивизма в физику. Парадокс Зенона не разрешен до сих пор.

Если студент при ответе на экзамене "ни в зуб ногой", ни о каких "вероятностях" и информации и речи быть не может, требуется смена модели.

Иными словами, интерпретация связана с анизотропией пространства состояний - некоторые из них более достижимы, чем другие. Предвзятость и презумпция невиновности, "жизненный опыт" и то, что психологи называют "установка" - примеры такой анизотропии. Динамометрический ключ, не позволит приложить усилие больше заданного. Камень "охотнее" падает вниз, а не вверх. Храповик часового механизма не позволяет отсчитывать время назад. Магнит притягивает железо, но не дерево. Программа проверки орфографии посчитает недопустимыми слова не из тезауруса. Традиции и этикет одобряют одни действия и табуируют

другие. Моральные нормы могут быть обязательны в отношении людей своего круга или племени, но не вне его или по отношению к врагу.

Собака! — восклицание, которое может быть и оскорблением и комплиментом. Все зависит от того, КТО воскликнул, КАКИМ ТОНОМ и, прежде всего, С КАКОЙ ЦЕЛЬЮ.

песик Фафик (ж. "Пшекруй")

Возможность истолкования результата, однако, все еще не означает корректности модели. Смысл фразы "Обстрелян форт Самтер" невыводим вне контекста Гражданской войны в Америке. Сводка "Над всей Испанией безоблачное небо", вероятно, вполне соответствовала жаркой июльской погоде и была корректной для всех радиослушателей, но имела совершенно отличный смысл для части из них. Как показывает история науки, можно очень далеко зайти по пути заблуждений, прежде чем прийти к краху парадигмы.

Небольшая цитата из рассказа на тему интерпретации и некорректных моделей:

"А два бога пытались двигаться! Покачиваясь, балансировали они на тонких ногах. Один зашатался и упал ничком. Другой помог ему встать, после чего упал сам. Медленно, с усилием он поднялся. Боги удивительно напоминали простых смертных. - Они выразили в танце свое расположение! - воскликнул Старейший Песнопевец. - Приступайте же к Танцу Разрешения на Посадку".

Р. Шекли "Ритуал"

Введем два (дуальных) класса идеальных объектов, принципиально различающихся их поведением по отношению к процедуре измерения. Назовем их, условно, Аккумулятор и Генератор.

Аккумулятор - это идеальный объект, состояние которого неизменно. Ответ на вопрос всегда тривиален. Например, измерение веса гири не дает никакой новой информации - он не меняется.

Генератор - это идеальный объект, измерение которого всегда дает новую информацию, то есть, состояние генератора не может быть предсказано заранее. Например, измеряя состояние монеты после броска, всегда получаем либо аверс, либо реверс, но результат не может быть достоверно назван до проведения измерения.

Состояние реального объекта может быть представлено как линейная комбинация ортогональных составляющих: константной ("*аккумулятор*") и случайной ("*генератор*"). Идеальный канал связи (без потерь) будет сохранять их соотношение, независимо от вида преобразования.

Для осуществления измерения требуется наделить объект свойствами обладания Качеством и Количеством данного качества (обобщенными координатами

состояния). Само по себе обладание качеством и количеством информацией не является. Информация появляется в момент ее измерения, и только как интерпретация качества и количества в рамках заданной модели.

Иметь протяженность, например, это свойство физического объекта, обладание качеством. Иметь заданную протяженность - это значит обладать заданным количеством данного качества. Измерить протяженность физического объекта - это выполнить процесс, результатом которого будет информация о размере, интерпретируемая в рамках модели этого объекта.

- Спасибо, Пятачок, - сказал Иа. - Извини, пожалуйста,— продолжал он, - но я хотел бы спросить, какого цвета он был, когда... когда он был шариком - Красного.

“Подумать только! Красного... Мой любимый цвет”, - пробормотал Иа-Иа про себя.

- А какого размера

- Почти с меня.

- Да. Подумать только, почти с тебя!.. Мой любимый размер! - грустно сказал Иа-Иа себе под нос.

А. Милн "Винни-Пух и все-все-все"

Качество - это такая характеристика объекта, количество которой не зависит от количества любых других его качеств (независимая координата).

Рост и вес, например, это две независимые координаты.

Стремление переполнить мешок приводит к тому, что он рвется

М. Сервантес

Наличие у объекта качества, означает существование как "накопителя" данного качества, так и его предельной "емкости", переполнение которой ведет к разрушению объекта (смене модели). Для этого случая наиболее удобна аналогия с налитой в сосуд жидкостью, и такие понятия как тепло- и электроемкость именно ей обязаны своими названиями.

Эта же аналогия позволяет ввести другое важное понятие - Потенциал.

Поскольку в дальнейшем удобнее использовать "электрическую" терминологию, будем говорить не об Обобщенных координатах, скоростях и массах Лагранжевой механики, а об Обобщенных зарядах, потенциалах и емкостях.

При одинаковом количестве жидкости в широком и в узком сосуде, уровни в них окажутся различны, а при их соединении жидкость будет переливаться до уравнивания. При отсутствии "перелива" уровни считаются одинаковыми. Очевидно, что в данном случае сравниваются не абсолютные количества качеств, а их потенциалы.

Возможен и прямо противоположный подход, основанный на сравнении емкостей - они будут равны, если полностью заполняются одним и тем же количеством жидкости.

Заряд определяется как произведение Емкости на Потенциал, для него выполняется закон сохранения.

Очевидно, что сравнение имеет смысл только в отношении количеств, относящихся к одному и тому же качеству. Например, не имеет смысла сравнение роста одного человека с весом другого.

В тех задачах, где возможно использование именованных единиц, проверка размерности позволяет предотвратить сравнение "теплого с мягким". К сожалению, для безразмерных (относительных) единиц ситуация не столь очевидна.

Для количества явно потребуем выполнения правила транзитивности:

если $A > B$ и $B > C$, то $A > C$.

Именно так устроена Шкала Мооса, например (минералогическая шкала твёрдости).

Заметим, что выполнение этого требования иногда неявно предполагается в ситуациях, где это не так. Например, при ранжировании в спорте. Если боксер **A** всегда побеждает боксера **B**, а боксер **B** всегда побеждает боксера **C**, то из этого вовсе не следует, что боксер **A** обязательно победит боксера **C** и должен получить титул чемпиона.

Назовем процедуру непосредственного сопоставления двух количеств прямым измерением и процедуру транзитивного сопоставления - косвенным измерением. Тогда выполнение правила транзитивности гарантирует тождественность результата, независимо от метода.

Примеры использования прямого метода - армрестлинг, перетягивание каната и взвешивание на равноплечных рычажных весах.

Примеры использования косвенного метода: измерение твердости по Роквеллу, Виккерсу или Бринеллю, соревнования по тяжелой атлетике и взвешивание на динамометрических весах.

В силу независимости результата измерения от метода, достаточно ограничиться рассмотрением только процедуры прямого измерения.

Возвращаясь к гидравлической аналогии, рассмотрим два сосуда с жидкостью (верхний и нижний), соединенные трубой с вентиляем. Вентиль будем полагать имеющим только два состояния: "открыт" и "закрыт". Изначально, вентиль закрыт и уровни жидкости (потенциалы) различны. После открывания вентиля уровни жидкости в обоих сосудах уравниваются. Этот процесс полностью аналогичен процедуре уравнивания на рычажных весах.

Заметим, что из знания разности уровней и объема перетекшей жидкости невозможно сделать никаких заключений об абсолютных уровнях и объемах

резервуаров.

Введем понятие дифференциального измерителя, двумя входами которого служат количества однородных (относящихся к тому же самому качеству) сопоставляемых величин, а выход может принимать только значения "меньше", "равно", и "больше".

Входы будем полагать идентичными, исключая их зеркальную симметрию по отношению к реакции на входное воздействие. Так, если обозначить эти входы "+" и "-", соответственно, и прикладывать на них поочередно одно и то же воздействие, то реакция будет противоположной: приложение воздействия к "+", имеет результатом "больше" на выходе, а приложение того же самого воздействия к "-", имеет результатом "меньше" на выходе. Одновременное приложение того же самого воздействия к обоим входам приводит к результату "равно" на выходе.

Очевидно, что дифференциальный измеритель является абстракцией обычной процедуры измерения: взвешивания на рычажных весах, дуэльного спортивного соревнования, процедуры состязательного суда (на весах Фемиды взвешивается "право" спорящих) итп.

Установив, как получается информация, можно перейти к ее использованию.

Рассмотрим "хранение" информации на каком-либо носителе. "Чтение" информации с носителя является процессом измерения и интерпретации. "Белый человек" и "Чингачгук - Великий Змей" различно "считывают" следы на песке, потому что задают разные вопросы и различно интерпретируют полученные ответы.

Чтение текста на каком-либо языке требует знания не только письменности, но и грамматики языка, системы сокращений, возможно, профессионального жаргона итп. Иными словами, "чтение" - это регенерация информации, и использование информации невозможно без ее регенерации.

Но если использование невозможно без чтения, то чтение, на первый взгляд, не означает использования.

Девушка отвергла ухаживания. Бюрократы оставили без рассмотрения жалобу. Билет ничего не выиграл в лотерею. Начальство не ценит выполненную работу. Во всех этих случаях, тождественного результата можно было бы достичь просто ничего не делая.

Рассмотрим систему с некоторым числом состояний, такую, что под действием входного сигнала она может переходить (или не переходить) из одного состояния в другое (конечный автомат). Решение о переходе всякий раз зависит от текущего состояния системы и самого входного воздействия.

Таким образом, для каждого состояния все возможные входные воздействия могут быть разделены на две группы: те, что переводят систему из данного состояния в другое и те, что оставляют ее в текущем положении.

Тогда, очевидно, можно ввести такое понятие, как Порог перехода и классифицировать все входные сигналы как превосходящие этот порог или не превосходящие его. Под воздействием сигналов, не превосходящих порога, система будет оставаться в том же самом состоянии. (Формально, это можно

рассматривать и как переход из данного состояния обратно в себя).

Если использовать аналогию рельефа, можно представить шар, находящийся в выемке. Любое воздействие, не превышающее глубины выемки оставит шар на месте.

Систему, остающуюся в прежнем состоянии при входном воздействии, будем называть устойчивой.

Используя аналогию рельефа, можно считать, что некоторые состояния "глубже" других, вплоть до "абсолютной" устойчивости. (Инертные газы, очевидно, очень устойчивы). Так же, должно быть верно и обратное: некоторые состояния должны быть "выше" других, вплоть до полной неустойчивости ("запрещенные" состояния). Хорошо известный пример неустойчивых систем - радиоактивный распад.

Введение порога перехода позволяет отождествить "чтение" и "использование" и отказаться от примитивного взгляда на информацию, как агента, ведущего к обязательному изменению состояния информируемой системы.

Тем не менее, для ряда задач порог можно считать пренебрежимо малым и использовать абстракцию системы без памяти, любое воздействие на вход которой ведет к обязательному изменению ее состояния.

Использование информации, приводящее к изменению состояния системы, равнозначно "управлению" этой системой путем подачи некоторого (информационного) воздействия на ее вход.

Управляемые системы (или, в зависимости от точки зрения, Системы управления) удобно разбить на три группы, в соответствии с видом Обратной связи.

Обратной связью называется передача части выходного сигнала системы обратно на ее вход. Таким образом, можно классифицировать все управляемые системы как системы с обратной связью и системы без обратной связи.

Полагая, что входом системы является дифференциальный измеритель, в зависимости от того, к какому из входов измерителя ("+" или "-") приложен сигнал обратной связи, определим обратную связь как положительную и отрицательную, соответственно.

Возвращаясь к аналогии рельефа, системы без обратной связи можно представить, как находящиеся на равнинном участке в состоянии безразличного равновесия. Входное воздействие "передвигает" систему в новое положение, в котором она и остается до поступления следующего сигнала (Машина Атвуда с равными грузами, например).

Системы с положительной обратной связью, определенно, должны быть неустойчивы. Любое входное воздействие усиливается системой так, что отклонение от текущего положения будет расти, пока не станет катастрофическим (система "сваливается" с вершины). Для описания поведения систем с положительной обратной связью обычно подходит эпитет "взрыв".

Системы с отрицательной обратной связью, напротив, стремятся к компенсации

входного воздействия, вплоть до полного его уничтожения. В идеале, разность входных сигналов на входах дифференциального измерителя равна нулю - состояние виртуального равновесия. Этот процесс можно рассматривать как подкладывание гирь на вторую чашку весов - до установления полного баланса.

Все три случая: положительной обратной связи, отрицательной обратной связи и отсутствие обратной связи можно объединить в замкнутую цепь управления с коэффициентом обратной связи варьирующимся от нуля (отсутствие обратной связи) до **+1** (100% положительная обратная связь) или **-1** (100% отрицательная обратная связь).

Рассмотрим цепь управления с коэффициентом обратной связи **-1** (100% отрицательная обратная связь). Очевидно, выходной сигнал в такой системе в точности повторяет входной. Важно отметить, что в силу виртуального равновесия, "энергетическое" взаимодействие между входом и выходом системы полностью отсутствует.

Применяя к процессу "уравновешивания" дискриминант Шоу, находим, что он полностью соответствует критерию дублирования информации. Цепь управления со 100% отрицательной обратной связью на своем выходе воспроизводит информацию со входа без какого-либо обмена физическим носителем.

В самом деле, наложение гирь на вторую чашу весов до установления баланса, воспроизводит вес груза на первой чаше, виртуально без какого-либо физического взаимодействия с ним.

Заметим, что процесс взвешивания реализует все ранее названные компоненты определения Информации: Модель, Выбор, Коммуникацию и Интерпретацию.

Уравновешивание груза гирями, очевидно является моделированием. Воспроизводится не сам груз, а нечто, функционально ему эквивалентное - его вес, произвольно разложенный по весовым единицам (гирям).

Сама процедура уравновешивания является выбором. Гири ставятся и снимаются с чаши весов до достижения баланса.

Вопрос: "Достигнут ли баланс?" и ответ на него - это коммуникация.

Наконец, измеренный вес интерпретируется в рамках заданной модели. Например, численные значения (веса гирь) будут различны для британской и французской системы мер, материал гирь может напрочь не совпадать с материалом взвешиваемого груза, а сама процедура "взвешивания" не имеет ничего общего с взвешиванием на рычажных весах. Купцы Северной Америки, например, обменивали индейцам пушнину на огнестрельное оружие из расчета "высота кипы шкур должна быть равна высоте ружья" и, надо полагать, обе стороны считали такой обмен равноценным.

"Весовая" аналогия позволяет установить важную особенность информационного обмена - он состоит из двух фаз: Инициализации (пустые чаши весов должны быть уравновешены до проведения взвешивания) и Синхронизации (собственно процедуры уравновешивания груза).

Какой бы информационный процесс не рассматривался, в нем неизменно можно выделить эти две фазы. Общение требует изучения языка, а чтение - изучения письменности. Шифрованная переписка нуждается в предварительном выборе шифра и секретного ключа. Изложение любого предмета начинается с установления понятий и определений. Юридические документы большей частью посвящены фиксации прав и обязанностей. "Шпионские" романы не обходятся без фразы "сверим часы", а работы по землеустройству начинаются с выбора реперных точек.

Сравним предложенное ранее определение информации с классическим (по Шеннону):

Основная задача связи состоит в точном или приближенном воспроизведении в некотором месте сообщения, выбранного для передачи в другом месте. Часто сообщения имеют значения, т.е. относятся к некоторой системе, имеющей определенную физическую или умозрительную сущность, или находятся в соответствии с некоторой системой. Эти семантические аспекты связи не имеют отношения к технической стороне вопроса. Существенно лишь, что посылаемое сообщение является сообщением, выбранным из некоторого множества возможных сообщений.

К. Шеннон "Математическая теория связи", 1948

Разумеется, все разнообразие систем, и даже все разнообразие только систем управления этим не исчерпывается и, вероятно, требует расширения понятия "Информация", по крайней мере, на случай "генераторных" систем (с положительной обратной связью).