

Цифровая экономика - ключевые идеи информационных технологий

2019 г.

Информационные технологии

Информационные технологии кардинально изменили жизнь человека, затронув каждую ее сторону — от бизнеса до политики и искусства. Сегодня, в силу стремительного роста мощности компьютеров, с одной стороны, и одновременного улучшения соотношения «производительность — цена» — с другой, информационная эра неумолимо продолжает расширять сферу своего влияния. Учитывая данное обстоятельство, можно утверждать, что важнейшим информационным процессом, требующим всестороннего изучения, является сам **человеческий интеллект.**

Точность вычислений цифровых машин

В 40-ые годы прошлого века появилась цифровая вычислительная машина. С проблемой **точности вычислений** столкнулся весь мир цифровых вычислительных машин.

Рассмотрим передачу цифровой информации по некоему каналу. Поскольку идеальных каналов не существует, любому из них изначально будет присущ определенный уровень **ошибок**. Допустим, мы выбрали канал с вероятностью правильной передачи каждого бита 0,9. Если я отправлю сообщение длиной в один бит, вероятность точной передачи его через этот канал будет равна 0,9.

Точность вычислений цифровых машин

Допустим, я отправил 2 бита. Теперь точность составит $0,92 = 0,81$. А если я отправлю 1 байт (8 битов)? В таком случае вероятность, что я получу его правильно, окажется менее 0,5 (0,43, если быть точным). Вероятность точной отправки пяти байтов составит около 1 процента.

На первый взгляд наилучший способ обойти эту проблему — сделать канал более точным.

Точность вычислений цифровых машин

Предположим, канал совершает всего одну ошибку на миллион битов. Если я отправлю файл размером в полмиллиона байт (примерно столько «весит» скромная программка или база данных), вероятность правильной его передачи составит менее 2 процентов, хотя изначально точность канала была весьма высока.

Точность вычислений цифровых машин

Учитывая, что ошибка в один бит может испортить всю компьютерную программу, это не лучший выход. Вне зависимости от исходной точности канала вероятность ошибки стремительно возрастает с увеличением размера сообщения. Выходит, эта проблема не-разрешима?

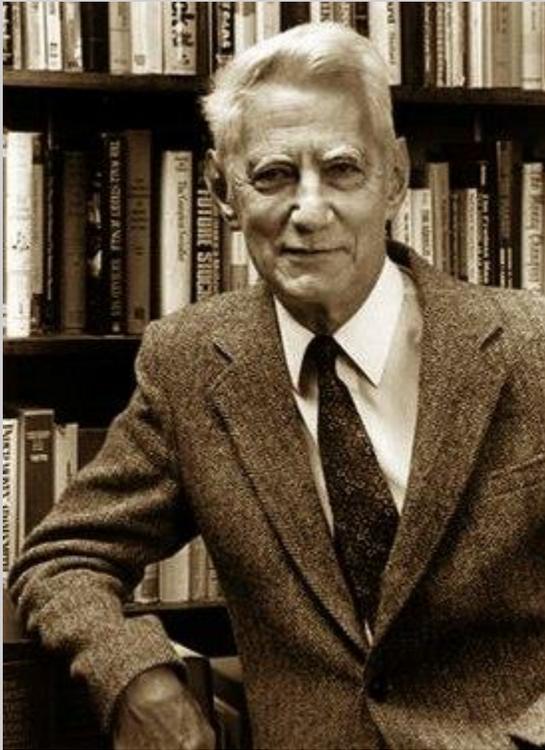
Точность вычислений цифровых машин

Цифровые машины, с другой стороны, требуют наличия постоянной связи не только между двумя разными машинами, но и между собственными составными частями. Так, память связана с центральным процессором, внутри которого происходит постоянный обмен данными между регистрами, а также между регистрами и арифметическим устройством.

Точность вычислений цифровых машин

Внутри арифметического устройства информация передается от одного битового регистра к другому. Если считать, что частота ошибок стремительно возрастает с увеличением количества таких связей и что ошибка в один бит может нарушить весь процесс, то необходимо признать: цифровые машины обречены.

Точность вычислений цифровых машин



Клод Элвуд Шеннон
(1916 – 2001) –
американец, инженер и
математик.

Таково было общее мнение, пока Шеннон не провозгласил **первую ключевую идею** информационной эры. Он продемонстрировал, что мы можем создавать произвольно точные сообщения, используя самые ненадежные каналы передачи информации.

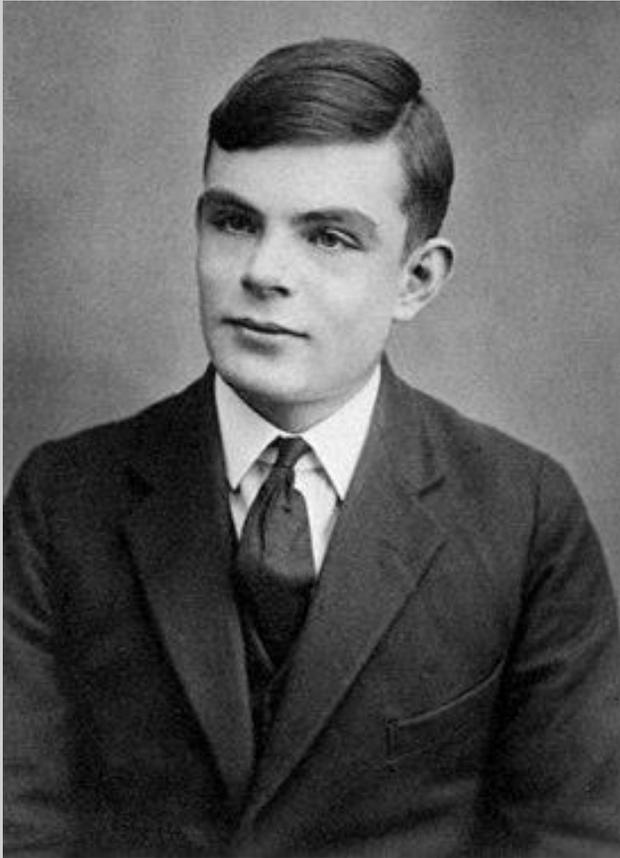
Точность вычислений цифровых машин

Шеннон предложил теорему кодирования для каналов с шумами, которая гласила: если у вас есть доступный канал с любым коэффициентом ошибок (за исключением 50 процентов на бит, поскольку это означает, что канал передает чистый шум), вы можете передать сообщение с любой желаемой степенью точности. Как такое возможно? Ответ: через избыточность. Сейчас подобное решение может показаться элементарным, но в то время оно было далеко не очевидным.

Точность вычислений цифровых машин

Шеннон не только заложил основы теории информации, но и предложил оптимальные методы обнаружения и исправления ошибок. Эти методы позволяли добиться любой желаемой точности через любой неслучайный канал. Аналогичная проблема и аналогичное решение существуют и для цифровой памяти. Вы когда-нибудь задумывались, почему CD, DVD и программные диски продолжают работать даже после того, как упали на пол или были поцарапаны? Этим мы тоже обязаны Шеннону.

Универсальность машинных вычислений



Алан Мэтисон Тьюринг
(1912 – 1954) –
английский математик и
логик.

В 1936 году Алан Тьюринг описал «машину Тьюринга» — абстрактную вычислительную машину, которая состоит из бесконечно длинной ленты, разделенной на клетки с цифрами 1 или 0. Машина считывает одну клетку за другой и содержит набор правил в виде пронумерованных состояний, фактически представляющих собой хранимую в памяти программу.

Универсальность машинных вычислений

В 1936 году Алан Тьюринг описал «машину Тьюринга» — **абстрактную вычислительную машину**, которая состоит из бесконечно длинной ленты, разделенной на клетки с цифрами 1 или 0. Машина считывает одну клетку за другой и содержит набор правил в виде пронумерованных состояний, фактически представляющих собой хранимую в памяти программу. Каждое правило предписывает машине совершить одно действие, если в считываемой клетке стоит 0, и другое действие, если в считываемой клетке стоит 1.

Универсальность машинных вычислений

Возможные действия включают запись 0 или 1, перемещение ленты на одну клетку вправо или влево, остановку ленты. Каждое состояние содержит номер следующего состояния, в которое должна перейти машина. Завершив алгоритм, машина останавливается; выход процесса остается на ленте. Хотя лента теоретически бесконечна, любая программа (которая не подразумевает бесконечный цикл) использует конечную часть ленты; следовательно, если мы ограничимся конечной памятью, машина по-прежнему сможет решать широкий круг задач.

Универсальность машинных вычислений

Был сформулирован тезис - согласно которому задача, которая не может быть решена машиной Тьюринга, **не может быть решена никакой другой машиной.** Хотя собственно машина Тьюринга способна выполнять крайне ограниченное количество команд и одновременно обрабатывает всего один бит, она **может вычислить все, что может вычислить любая вычислительная машина.**

Универсальность машинных вычислений

Тьюринг показал, что в основе всех машинных вычислений лежит очень простой механизм. Поскольку машина Тьюринга (и, следовательно, **любая вычислительная машина**) способна определять дальнейший образ действий, исходя из результатов предыдущих операций, она способна принимать решения и моделировать произвольно сложные иерархии данных.