

ИНФОРМАЦИЯ – РОЖДАЕТСЯ?

Вопрос о том, способна ли зарождаться, «появляться из ниоткуда» новая информация, имеет очень важное мировоззренческое значение.

Если учесть, что практически всё, что мы привыкли считать «новой информацией», есть либо новые сведения об уже существующих в природе явлениях или процессах (открытия), либо новые ассоциативные связи между ранее известными сведениями (изобретения, догадки и прочая «интеллектуальная продукция» человеческого сознания), то напрашивается вывод о том, что вся существующая во Вселенной информация есть изначально и ныне лишь комбинируется всевозможными способами либо, уже готовая, лишь обнаруживается нами. Откуда взялась эта информация изначально? Кто привнес ее во Вселенную? Различные варианты ответа человечеством выдвигались за прошедшие тысячелетия уже неоднократно: Бог, Вселенский Разум, Всемирный Универсум... То есть, права Библия: «Вначале было Слово, и Слово было Бог»?...

Если же информация способна самозарождаться, и будет обнаружен хотя бы один такой механизм, то все становится заметно прозаичнее и объяснимо гораздо более простыми способами без привлечения Закона Божьего.

По мнению автора, анализ описываемых в данной статье фактов позволяет прийти к выводу (пусть пока еще чисто интуитивному, а не строго доказательному) о существовании такого механизма.

С основными закономерностями эволюции в живой природе, с законами появления и развития новых видов животных и растений сегодня знакомят уже в школьном курсе зоологии. Однако, несмотря на значительный срок, прошедший с момента опубликования Дарвиновской теории происхождения видов, в популярной литературе и сегодня

нередко можно встретить статьи о «загадках» эволюции, якобы «необъяснимых» с позиций естественнонаучных взглядов. Основаны эти материалы чаще всего на следующем соображении. Пусть имеется некий вид (животных или растений), максимально приспособленный к занимаемой им экологической нише. И пусть теперь условия среды изменяются каким-либо образом. Тогда у рассматриваемого вида остается выбор: приспособиться к новым условиям (породив или превратившись в новый вид) либо вымереть. Согласно учению Дарвина, этот процесс происходит благодаря естественному отбору – максимальные шансы выжить и дать потомство (сохраняющее генотип родителей) имеются у тех индивидов, которые оказываются наиболее приспособленными к изменившимся условиям. Но (как говорят затем авторы упомянутых статей) это означает, что соответствующие гены, порождающие новые приспособительные особенности животного, уже должны быть заложены в его генофонд. То есть получается, что абсолютно все возможные признаки любого организма были сформированы изначально и хранились где-то в генетических глубинах «до востребования». А отсюда уже рукой подать



...способна ли зарождаться, «появляться из ниоткуда» новая информация...

и до утверждения о некоем *сознательном* творении всего живого на Земле: Богом, Природой или Внеземным Разумом.

Между тем, ларчик открывается просто. Процесс эволюции кажется «загадочным» и «необъяснимым» только потому, что мы видим уже готовый результат – полностью сформировавшийся вид и выбракованных естественным отбором «неудачников», имеющиеся у которых признаки оказались менее выгодными для выживания в данных условиях. Но мы не можем никак учесть те миллионы и миллиарды иных вариантов эволюции, которые могли бы произойти и также, скорее всего, привести к полноценному с точки зрения выживания в данных условиях виду, но не произошли, не «выпали» на «игральном кубике» вселенской случайности. Более того, сторонники «креационистской» (то есть божественной) теории происхождения живого мира на Земле склонны рассуждать о «маловероятности», например, происхождения в ходе естественной эволюции человека от одноклеточного организма, – тогда как в подобном эволюционном ряду имеет смысл рассматривать именно цепочку всех переходных форм и вероятностей их происхождения друг от друга (подобно марковской цепи). И вот тогда эволюционные процессы вполне утрачивают ореол загадочности и легко объяснимы без привлечения «теории божественного творения». Более того, биологические законы эволюции, похоже, являются лишь частным случаем более общего механизма, как мы и стараемся проследить ниже.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ И «ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ЯМЫ»

Прежде всего, определим процессы, лежащие в основе эволюции. Очевидно, это:

а) случайные изменения в генотипе (мутации),

б) давление естественного отбора, определяющее шансы на выживание того или иного индивида,

в) механизм наследования признаков, позволяющий наиболее приспособленным индивидам передать своим потомкам (кото-

рых у них будет, естественно, больше, чем у менее приспособленных собратьев, – об этом позаботится естественный отбор) те же «выгодные» признаки.

Тогда простую и наглядную иллюстрацию эволюционного процесса нетрудно найти в школьном курсе физики. Есть в ней такое понятие: «потенциальная яма». Представьте себе некую деталь с полусферическим углублением, в котором находится металлический шарик. В отсутствие внешних воздействий он, разумеется, будет мирно лежать на самом дне. Если же любым способом пытаться вывести его из равновесия – трясти ли упомянутую деталь или ударять по самому шарик, он будет перекатываться в ямке, более или менее высоко закатываясь на ее стенки, но, скорее всего, затем скатываться обратно на дно. И только очень сильный толчок способен заставить шарик вылететь из ямки наружу. То есть, существует некий порог (потенциал) прикладываемого к шарик, воздействию: когда усилие ниже этого порога, шарик затем возвращается в прежнее положение устойчивого равновесия, а при превышении порога – покидает углубление. Аналогии рассмотренной механической модели явления можно найти в квантовой физике, физике полупроводников и т. п. Мы же попытаемся применить эту модель в биологии.

Итак, уподобим существующие внешние условия (условия экологической ниши, в которой проживает рассматриваемый вид) нашему полусферическому углублению, а составляющих данный вид индивидов – множеству металлических шариков, находящихся в этом углублении. Тогда мутации будут соответствовать хаотичным внешним толчкам, приводящим к перемещению шариков внутри углубления, а давление естественного отбора – силе тяжести, действующей на них. При этом глубина ямки будет определять степень специфичности рассматриваемых внешних условий (например, горячему источнику на дне Марианской впадины в нашей модели должна соответствовать ямка большей глубины, чем влажному тропическому лесу), интенсивность внешних толчков – частоте мутаций, а сила этих толчков –

тому, насколько заметны происходящие из-за этих мутаций изменения признаков. (Следует заметить, что рассматриваемая механическая модель имеет некоторую неполноту. Для более полного соответствия ее моделируемому явлению нужно было бы добавить возможность «размножения» шариков, тем более интенсивное, чем ближе шарик находится к самой низкой точке ямки, и когда новые шарики появляются на том же месте, что и их «прародитель», а также изъятие шариков из ямки случайным образом, но преимущественно по ее краям. Однако и наше упрощенное ее рассмотрение уже может дать достаточную «пищу для размышлений».)

Первое, что мы сможем пронаблюдать на нашей модели, – это явление «самостабилизации» вида при неизменных природных условиях. Если результаты мутаций не слишком значительны (не приводят к летальным уродствам, то есть «вылету» индивида из «потенциальной ямы»), то все шарики будут стремиться скатиться на самое дно ямки, – наблюдается стремление к увеличению числа индивидов, обладающих признаками, обеспечивающими максимальную приспособленность к внешним условиям. Таким образом, естественный отбор при неизменных внешних условиях «работает» против случайных отклонений от сформировавшегося «идеального образца». Хотя не исключен и вариант, когда случайно возникшая слишком значительная мутация «выбросит» один или несколько шариков за пределы данной ямки и он затем скатится в соседнюю (то есть спонтанно образуется новый вид, который займет другую экологическую нишу).

Пусть теперь внешние условия начинают изменяться – в нашей модели это соответствует перемещению ямки по некоей плоскости (причем перемещению не как единого целого, а путем поднятия/опускания отдельных его участков, как на прогнувшейся под тяжестью шариков резиновой пленке). При не слишком высокой скорости изменений (когда самая низкая точка ямки смещается примерно с той же скоростью, с какой шарик скатывается от стенки к центру) мы заметим, что у дна ямки будет происходить «смена лидеров»: некоторые из шариков,

которые занимали до этого не слишком выгодные позиции с краю, почти автоматически окажутся в центре, а бывшие на самом дне – у края. Горизонт «кипящего слоя» шариков при этом наклонится, как вода в быстро сдвинутом в сторону стакане, но при прекращении перемещения вновь выровняется. Вывод: при изменении внешних условий (кроме катастрофического) изменение вида происходит за счет тех *случайных* отклонений от нормы, которые в новых условиях оказались более выгодными по сравнению с нормой. Причем заметим: *ни одно из этих случайных отклонений не было «запрограммировано» изначально* – просто кому-то из шариков «повезло» больше, а кому-то не повезло совсем, и заранее предугадать, какой из них окажется более «везучим», невозможно.

ЭВОЛЮЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Все мы привыкли к тому, что компьютеры и прочие электронные устройства изготавливают на конвейере по заранее разработанным принципиальным схемам. Но похоже, что электронные устройства (системы? существа?) вскорости будут появляться на свет в процессе эволюционного отбора, – так считал один из пионеров проведенного по инициативе НАСА и Минобороны США нового направления «Эволюционирующий хардвер» (Evolvable Hardware, EH) Адриан Томпсон – исследователь-стипендиат Университета Сассекса (см., например [1]). Томпсон проводил эксперименты с электрически программируемыми матрицами вентилей (FPGA), представлявшими собой интегральные схемы из множества ячеек, способных выполнять некие простейшие функции и соединяемых между собой по командам управляющей компьютерной программы (рис. 1), причем эти связи могли неоднократно изменяться во время работы схемы. Таким образом, создавалась некая «популяция» конструкций – схем соединения элементарных ячеек, и каждая «особь» поочередно испытывалась на приспособленность к выполнению поставленной задачи (в эксперименте – на различение двух сигналов различной частоты: 1 и 10 кГц). Наименее приспособлен-

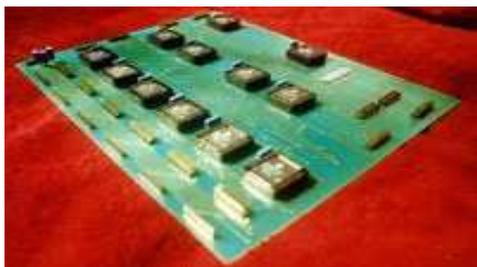


Рис. 1. Программируемая матрица вентилей в эксперименте Томпсона

ные отсеивались, а на базе наиболее приспособленных эксперимент продолжался.

В ходе описываемого эксперимента использовалась FPGA размером 10×10 ячеек, и после более 4000 «поколений» в «популяции» из 50 «особей» возникла схема, успешно выполняющая поставленную задачу. При этом были использованы далеко не все ячейки и никаких тактовых генераторов (применяемых в традиционных схемах подобных устройств) не появилось. Но главное – схема эта возникла сама собой, без вмешательства человека. Более того, поначалу никто не мог понять, как она вообще работает. В схеме оказалось пять ячеек, которые вроде бы не используются (то есть сигнал проходит сквозь них «транзитно»), но при попытке их исключения из схемы она перестала работать...

Собственно говоря, нечто подобное уже занимало умы ученых еще с 1960-х годов. Это перцептрон (см. [2]) – электронное уст-

ройство (не компьютерное!), способное различать символы или иные несущие информацию сигналы. Перцептрон (в упрощенном представлении – см. рис. 2) – это матрица датчиков, которые соединены совершенно случайным образом с также составляющими матрицу усилителями, имеющими управляемые коэффициенты усиления. Усиленные сигналы поступают на сумматоры и затем на пороговые устройства, которые выдают окончательный ответ.

Разумеется, при первом предъявлении, скажем, буквы «А» перцептрон, скорее всего, выдаст неправильный ответ. Тогда коэффициенты усиления для всех усилителей, «внесших наибольший вклад» в неверный ответ, несколько уменьшают и повторяют эксперимент снова. При правильном же ответе коэффициенты усиления для усилителей, которые «активнее всего голосовали» за этот ответ, наоборот, немного увеличивают.

Когда перцептрон научится уверенно распознавать одну букву в одном начертании, его аналогичным образом обучают распознавать эту букву в других ее видах, потом учат распознавать букву «Б» и отличать ее от «А», и т. д. Процесс обучения затягивается надолго; чем он длиннее, тем лучше в конечном итоге выполняется распознавание. И – интересный факт – зафиксировать полученную в результате принципиальную схему (электрические связи и коэффициенты усиления), то есть посмотреть, как про-

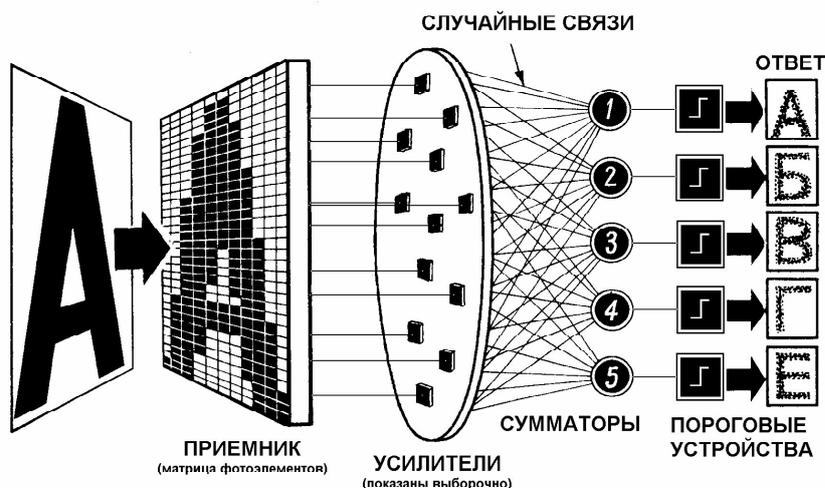


Рис. 2. Упрощенная функциональная схема перцептрона

исходит распознавание, оказалось нетрудным, но вот понять, *почему* в результате обучения для данной системы связей возникло именно такое распределение коэффициентов усиления, очень трудно, даже призвав на помощь математический аппарат гипотезы «компактных множеств».

С появлением компьютеров, «обещавших» решать подобные задачи гораздо более «понятным» для человека способом, перцептрон оказался надолго забыт. Однако сегодня заложенные в нем принципы постепенно «всплывают» на поверхность уже в современном виде нейрокомпьютеров и программ распознавания (символов, речи и пр.). Думается, полезно вспомнить о нем и в рамках рассматриваемой нами проблемы. Ведь и в перцептроне, и в «эволюционирующем хардвере» мы по-прежнему сталкиваемся с ситуацией, когда требуемая электронная схема порождается сама собой из множества случайных образцов под действием внешнего отбора.

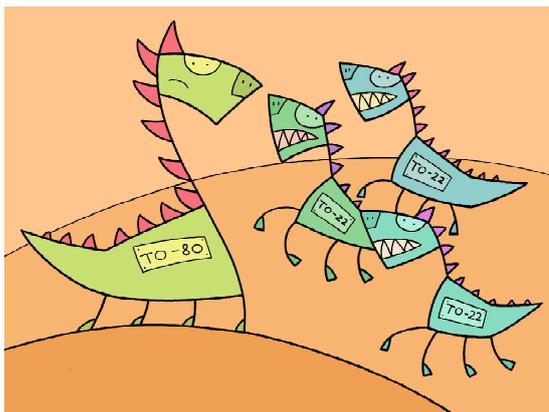
ЭВОЛЮЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ЖИЗНИ

Животные, растения, электронные схемы... А могут ли эволюционировать нематериальные, чисто информационные объекты? Такую задачу – промоделировать эволюцию на ЭВМ – поставил перед собой Томас С. Рэй, профессор Дэлаверского университета, создатель Тьерры (см, например [3]). Тьерра – это виртуальный мир с ограниченными ресурсами, в котором были поселены довольно простые «цифровые организмы» (по сути – маленькие программки, подобные компьютерным вирусам), имеющие единственную цель – оставить как можно больше потомства.

Однако, в отличие от других попыток моделирования эволюции, в Тьерре не закладывается никаких эволюционных закономерностей или предварительных условий. Есть только некий объем свободной оперативной памяти, в который была запущена программа-«прародитель». В «теле» этой программы (а также и в «теле» каждой ее копии) содержится четыре бита, играющих

роль генокода: например, программа с комбинацией этих битов 0011 не сможет породить новую программу, пока не отыщет «парную» ей программу с битовой комбинацией 1100. При размножении периодически происходят мутации: любой бит в «теле» программы может быть с определенной вероятностью изменен с 0 на 1 или обратно, причем это может привести как к изменению «генокода», так и к заранее непредсказуемому изменению исполняемого кода программы. Управляющая оболочка Тьерры отпускает каждой программе определенное время существования в зависимости от ее длины (то есть чем больше программа, тем дольше она «живет») и уничтожает «летальных мутантов» – программы, исполняемый код которых в результате мутаций безнадежно испорчен. И при всем этом объем свободной оперативной памяти, в которой могли бы разместиться потомки наших «электронных животных», ограничен, а значит, возникает борьба за выживание – давление «естественного отбора» обеспечено.

Результат оказался поразителен: уже на вторые сутки эксперимента из исходного «вида» ТО-80 («тьеррианин длиной 80 программных команд») возник новый, более «миниатюрный» вид ТО-22, который за счет вшестеро большей скорости «размножения» занял доминирующее положение. И тут же последовал незамедлительный ответ: из тех же ТО-80 эволюция произвела на свет укороченные версии ТО-79. Была и своеобразная «эпоха динозавров», когда программы пытались «выгадать в длительности жизни» за счет своей огромной длины (до 23 тыс. команд), но все такие гиганты вымерли, неспособные конкурировать с более мелкими и быстрее размножающимися видами. Возникли и аналоги «биологических» вирусов – программы, неспособные размножаться самостоятельно, но внедряющие себя в тело других программ и репродуцирующиеся за счет их исполняемого кода. Другие же программы при попытке такого вторжения не только успешно от него оборонялись, но и успевали подменить генокод нападающего паразита своим, заставляя его до конца «жиз-



...из исходного «вида» TO-80 ... возник новый, более «миниатюрный» вид TO-22, который ... занял доминирующее положение.

ни» плодить чужих потомков. А некоторые и вовсе научились выполнять за один отпущенный ему оболочкой Тьерры машинный такт сразу по три программных команды, – хитроумный трюк, известный далеко не каждому программисту и именуемый «раскручиванием петли».

И все это происходило самопроизвольно! Ни одна из реализовавшихся в ходе эволюции возможностей не была ни заложена заранее в программу-«прародителя», ни добавлена извне. Только случайные мутации, наследственность и внешний отбор!

Литература:

1. Левкович-Маслюк Л. Он пришел дать им волю // Компьютерра. 16 марта 1999 г. С. 24.
2. Пекелис В. Кибернетика от А до Я (Маленькая энциклопедия о большой кибернетике). М.: Детская литература, 1973. С. 272.
3. Щекотова Л. Жить и умереть – в компьютере // Компьютика. 1996. № 1. С. 73.

ИЗ СЛУЧАЙНОСТИ РОЖДАЕТСЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ!

Итак, во всех трех примерах мы столкнулись с процессами явно эволюционного характера, и во всех трех случаях эволюция была порождена случайным изменением наследуемых свойств объектов в сочетании с давлением внешнего отбора. Таким образом, можно сделать вывод о существовании некоего универсального механизма порождения закономерности из хаоса под действием внешнего отбора. Точно так же, как энтропия уничтожает информацию, превращая порядок в хаос, «эволюционный механизм» (триада «случайность – наследственность – отбор») порождает порядок из хаоса, создавая информацию. Хаос здесь можно сравнить с физическим вакуумом, состоящим из виртуальных частиц, только в нашем случае речь будет идти о зарождении информации из составляющих хаос ее «виртуальных квантов». Если это обстоит именно так, то «эволюционный механизм» и есть то недостающее звено, которое позволяет еще раз уверенно повторить фразу, вынесенную в заголовке. Но уже не со знаком вопроса, а с вполне конкретным восклицательным: «Информация – рождается!».