

БИОНИКА ИНТЕЛЛЕКТА

ИНФОРМАЦИЯ, ЯЗЫК, ИНТЕЛЛЕКТ

№ 1 (88)

2017

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в октябре 1967 г.

Учредитель и издатель
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Периодичность издания – 2 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ

СТРУКТУРНАЯ, ПРИКЛАДНАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛИНГВИСТИКА

Широков В.А. Эволюция как универсальный естественный закон (пролегомены к будущей общей теории эволюции). Часть первая 3

Чалая Л.Э., Удовенко С.Г., Гринев С.А. Метод нейросетевой коррекции ошибок в редактируемых электронных текстах..... 15

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Гребенник И.В., Коваленко А.А., Романова Т.Е., Урняева И.А., Шеховцов С.Б. Задача балансной компоновки цилиндрических объектов с учетом ее комбинаторных особенностей 22

Хлуд О.М., Романова Т.Е., Стецюк П.И. О двух задачах оптимальной упаковки гомотетических эллипсоидов 29

Панишев А.В., Левковский В.Л., Марчук Г.В. Преобразования в приближенных алгоритмах решения симметричной задачи коммивояжера (СЗК)..... 36

Міхнов Д.К., Міхнова А.В., Чиркова К.С., Чінілін А.В. Критерій вибору структури інформаційної системи закладів служби крові 41

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

Каграманян А.Г., Четвериков Г.Г., Шляхов В.В. Мультиалгебраические дискретные системы при наличии алгебраической структуры носителя. Сообщение 3 45

Литвин О.М., Томанова І.С. Чисельне розв'язання бігармонічної задачі для випуклого багатокутника за допомогою сплайнів п'ятого степеня на трикутній сітці вузлів..... 50

Асеев Г.Г. Оптимальные по парето решения многокритериальной оптимизации задач управления производством и логистики 55

Кончаковская О.С., Сидоров М.В. Применение методов нелинейного анализа в математическом моделировании микроэлектромеханических систем 60

Шергин В.Л., Дереза Э.Э., Передерий В.С., Полиит М.Р. Оценивание параметра распределения Юла..... 65

Повзун О.І. Математичне моделювання режимних параметрів буріння підричних свердловин у гірських масивах..... 69

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ. РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ. БАЗЫ ДАННЫХ И ЗНАНИЙ

Дудинова О.Б., Удовенко С.Г. Компьютерный анализ пространственных изображений с применением марковских моделей 75

Чалая О.В. Принцип та метод еволюційної побудови бази знань на основі аналізу логів ІС процесного управління..... 80

Руденко О.Г., Безсонов О.О., Смерчинський Д.Г. Розпізнавання емоційного стану людини за допомогою згорткових штучних нейронних мереж 85

Швороб І.Б. Підхід до роботи зі слабоструктурованими медичними даними на основі використання ваг ребер для документо-орієнтованої графової бази даних..... 90

Нечипоренко А.С., Зацеркляний Г.А. Комп'ютерне планування оперативних втручань на основі CFD-аналізу 96

Волощук Е.Б., Берест О.М., Гринева Е.Е. Разработка и реализация прототипа информационно-аналитической системы для медицинских учреждений г. Харькова..... 101

Мазурова О.А., Семикин М.А., Широкопетева М.С. Обучающая система поддержки проектирования баз данных..... 107

Онищенко К.Г., Афанасьева І.В., Арсеній І.І. Розробка сервісу для забезпечення дистанційного керування приладами та пристроями розумного дому «smarthouse» із використанням ІОТ рішень 112

Рефераты 117

Об авторах 126

Правила оформления рукописів для авторів науково-технічного журналу «Біоніка інтелекту»..... 129

Приклад оформления статті 130



В.А. Широков

Украинский языково-информационный фонд НАН Украины, г. Киев, Украина

ЭВОЛЮЦИЯ КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЕСТЕСТВЕННЫЙ ЗАКОН (ПРОЛЕГОМЕНЫ К БУДУЩЕЙ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ЭВОЛЮЦИИ). ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

В первой части работы излагается общая концепция эволюции. Введено и обосновано понятие механизма эволюции. Перечислены шесть основных механизмов эволюции, которые являются предметом дальнейшего анализа. Подчеркивается возможность параллельной эволюции. Сформулирован Основной закон эволюции: сложность эволюционирующей системы всегда растет. Отмеченный закон проиллюстрирован на примерах физического, генетического, нейронного и коммуникационного механизмов. Установлен характер общей темпоральной динамики произвольного эволюционного механизма. Сделан вывод о том, что любой механизм эволюции имеет свой естественный предел роста сложности, обусловленный его системным устройством.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ, МЕХАНИЗМ ЭВОЛЮЦИИ, СЛОЖНОСТЬ, ОСНОВНОЙ ЗАКОН ЭВОЛЮЦИИ, ТЕМПОРАЛЬНАЯ ДИНАМИКА МЕХАНИЗМА ЭВОЛЮЦИИ

Shirokov V.A. Evolution as universal natural law (prolegomena to the future general evolution theory). In the first part of the paper the general concept of evolution is presented. The notion of the evolution mechanism is introduced and justified. Six basic mechanisms of evolution are presented, which are the subject of further analysis. The possibility of parallel evolution is underlined. The Basic Law of Evolution is formulated: the complexity of the evolving system always grows. This law is illustrated by examples of physical, genetic, neural and communicational mechanisms. The character of the general temporal dynamics of any evolutionary mechanism is established. It is concluded that any evolutionary mechanism has its own natural limit of complexity growth caused by its system construction.

GENERAL EVOLUTION THEORY, EVOLUTION MECHANISM, COMPLEXITY, BASIC LAW OF EVOLUTION, TEMPORAL DYNAMICS OF THE EVOLUTION MECHANISM

Широков В.А. Еволюція як універсальний природний закон (пролегомени до майбутньої загальної теорії еволюції). У першій частині праці викладено загальну концепцію еволюції. Введено і обґрунтовано поняття механізму еволюції. Наведено шість основних механізмів еволюції, котрі є предметом подальшого аналізу. Підкреслюється можливість паралельної еволюції. Сформульовано Основний закон еволюції: складність еволюціонуючої системи завжди зростає. Відзначений закон проілюстровано на прикладах фізичного, генетичного, нейронного і комунікаційного механізмів. Установлено характер загальної темпоральної динаміки для довільного еволюційного механізму. Зроблено висновок про те, що будь-який механізм еволюції має свою природну границю зростання складності, обумовлену його системним улаштуванням.

ЗАГАЛЬНА ТЕОРІЯ ЕВОЛЮЦІЇ, МЕХАНІЗМ ЕВОЛЮЦІЇ, СКЛАДНІСТЬ, ОСНОВНИЙ ЗАКОН ЕВОЛЮЦІЇ, ТЕМПОРАЛЬНА ДИНАМІКА МЕХАНІЗМУ ЕВОЛЮЦІЇ

«Можешь ли ты вытащить левиафана крюком?
Или язык его веревкой, тобой забрасываемой?»

Книга Иова 40:20 (Син.)

«...Ибо искусством создан тот великий Левиафан, который называется Республикой, или Государством (Commonwealth, or State), по-латыни — Civitas, и который является лишь искусственным человеком, хотя и более крупным по размерам и более сильным, чем естественный человек, для охраны и защиты которого он был создан».

Т. Гоббс. «Левиафан»

Введение

В подзаголовке статьи мы употребили слово «пролегомены», которое происходит от греческого «prolegomena» и означает предисловие, предварительное введение в ту или иную науку, разъясняющее ее предмет и методы; предварительное рассмотрение совокупности проблем, решение которых является условием дальнейшего развития обсуждаемой отрасли знаний. Этот термин с легкой руки Иммануила Канта, опубликовавшего в 1783 работу «Пролегомены ко всякой будущей метафизике, могущей появиться как наука», был введен им в научный обиход как попытка изложить в более простой и ясной форме идеи его же книги «Критика чистого разума» (1781), и стал элементом философской традиции. Мы полагаем уместным употребление этого термина в данном случае, поскольку предмет данной статьи — общая теория эволюции, которой сегодня нам видятся лишь контуры, по-видимому

и станет некоей «будущей метафизикой, могущей появиться как наука».

Что касается собственно предмета данного исследования, то автор уже довольно давно ощущает необходимость в некоей достаточно универсальной концептуальной схеме, которая позволила бы хотя бы в общих чертах обозреть устройство Мира с некоторой единой позиции. Причем Мира именно с большой буквы, ибо в данном случае мы предполагаем говорить обо всём Мироздании в целом. Разумеется, такая амбициозная — как сейчас любят говорить — задача вполне способна вызвать здоровый скепсис у просвещенного читателя. Тем более, что автор, как это следует из дальнейшего изложения, рискует делать некие предсказания — занятие, как известно, совершенно неблагоприятное. Ибо опыт вполне определенно свидетельствует, что «история опережает мышление», и уже завтрашний день, как правило, опровергает предположения даже дня сегодняшнего. Мы прекрасно помним различные пророчества о кажущихся «закатах цивилизации», «концах истории» и т. п., которые на самом деле оказались не столько концами, сколько началами. С другой же стороны — «Но поди ж ты — и это только кажется!», как выразился Франц Кафка в своей знаменитой притче «Деревья». Ведь в истории, несомненно, имели место и закаты и концы, равно как и борьба со всякими концами и началами...

Тем не менее, несмотря на колоссальный разброс мнений, убеждений и предубеждений, касающихся оснований мироустройства, большинство мыслящих людей сейчас пребывает в таком настроении, что мир, в котором мы живем, каким-то таинственным образом развивается, эволюционирует, а постоянно обновляющиеся данные науки не опровергают, а лишь подтверждают данное настроение.

Но вот в каком направлении происходит эта эволюция, каким законам она подчиняется и вообще, существуют ли такие общие закономерности, действующие на всём, так сказать, диапазоне Мироздания, и к чему в конце концов это может привести? — с ответом на эти вопросы дело обстоит гораздо сложнее.

Автор исходит из внутреннего убеждения, что Мироздание не случайно. Однако не в том смысле, что в нём отсутствуют случайности (совсем наоборот — мир вообще не может существовать без случайностей), а в том, что весь объем Универсума — от его Начала (и даже перед) до самого Конца (и даже после) — управляется некими общими закономерностями, которые проявляются в формах, специфичных для каждого эволюционного этапа, каждой фазы эволюции. Более того, автор собирается обосновать это утверждение, чему будет посвящено последующее изложение.

Разумеется, такая постановка задачи диктует необходимость рассматривать весь Мир в его целостности — «без исключений и изъятий» — Мир с большой буквы, что создает для автора массу проблем, как принципиального, так и технического характера.

В частности и в первую очередь, сказанное касается методологии нашего исследования. Поскольку его фактический диапазон охватывает всё мироздание, мы предупреждаем читателей, что не следует ожидать от него (исследования) чересчур большой точности. В данном случае мы полагаем слишком большую точность и детализацию даже неуместной. В этой связи мы декларируем в качестве основного методологического принципа, которому мы предполагаем следовать в данной работе, так называемую «Презумпцию нулевого приближения», полагая, что любая теория хорошо работает лишь в «нулевом приближении». Не стоит требовать от теории такой точности, которая не является релевантной рассматриваемой проблеме. Образно говоря, когда за деревьями становится не видно леса. В ходе нашего исследования мы обсудим целый ряд аспектов и направлений, над которыми трудятся десятки, а то и сотни специализированных научных институтов и тысячи выдающихся специалистов. Они обладают о соответствующих предметах такими объемами знаний, которые не доступны автору при самом большом его желании и добросовестности. Вместо этого автор пользуется лишь самыми элементарными сведениями из соответствующих предметных областей — в духе задекларированной им презумпции

нулевого приближения. Оправданием такого исследовательского модуса, равно как и ответом будущим критикам служит то обстоятельство, что любые уточнения специалистов к нашим утверждениям на самом деле лишь усиливают наши позиции. Это парадоксальное на первый взгляд утверждение становится очевидным и даже почти банальным по мере углубления в суть феноменологии эволюционных процессов, что станет ясным из последующего изложения.

1. Исходные понятия и основные постулаты общей концепции эволюции

Современная эпоха является эпохой перманентных кризисов. В мире постоянно возникают очаги напряженности, вооруженные столкновения, локальные войны, грозящие перерасти в глобальные вооруженные конфликты и т. п. Бичом последнего времени стал терроризм, с которым отчаянно борются (или делают вид) мировые державы. Огромный вклад в общую мировую нестабильность вносят кризисы, связанные с мировой финансовой системой. Так, в период с 1970 по 2013 годы наблюдалось более 400 больших банковских, валютных или долговых кризисов. Особую озабоченность вызывают экологические и техногенные катастрофы.

Перечень кризисов, сотрясающих мир, можно было бы значительно расширить. Состояние глобализированного современного мира можно охарактеризовать формулой «Борьба всех против всех». Общей особенностью этих кризисных явлений является их кажущаяся немотивированность. По крайней мере, внешние мотивы конфликтов при их зарождении почти всегда выглядят недостаточными для их разрастания, а в будущем, по прошествии времени, нужного для их осмысления, и действительно оказываются таковыми. Остается констатировать, что всемирный Левиафан, упомянутый в эпиграфе к данной работе и призванный обеспечивать соблюдение Мирового Порядка, всё хуже справляется со своими обязанностями, а роль глобальных мировых институтов становится всё более декоративной.

Мы убеждены, что для того, чтобы понять причины современных кризисов, необходимо осознать и получить внутреннюю уверенность в том, что они являются следствием **общих законов эволюции мира и не могут быть объяснены вне этих законов.**

В предыдущем абзаце мы выделили фрагмент, касающийся общих законов эволюции мира. Однако существуют ли вообще эти законы и если да, то сформулированы ли они наукой и в каком состоянии сейчас находится то, что мы выше назвали общей теорией эволюции? Автор время от времени набирает в поисковике Google словосочетания «общая теория эволюции» и «general evolution theory», но большого удовлетворения от реакции системы на эти запросы он, к сожалению, не получает. Несмотря на то, что Google выдает по

данным запросам колоссальные объемы информации (в сноске¹ мы приводим данные, полученные 21 июля 2017 года), анализ этих данных показывает, что львиная доля публикаций посвящена тем или иным аспектам модернизации теории биологической эволюции Дарвина-Уоллеса, имеющей, по нашему мнению весьма опосредованное отношение к общим проблемам эволюции. Лишь очень небольшое число публикаций дает, как нам представляется, лишь *отчасти правильное направление* изложения данной проблематики. Но не более того. Эти работы мы упомянем ниже.

Вследствие такого положения дел нам не остается ничего другого как сформулировать, так сказать, *ab initio* – из первых принципов – собственную теорию эволюции мира, введя основные понятия и базовые параметры, описывающие эволюцию вместе с их интерпретацией и иллюстрацией на конкретных примерах. Следует отметить, что целый ряд положений нашей работы носит декларативный и фрагментарный характер. Это объясняется тем обстоятельством, что ввиду исключительно большого объема исследования, охватывающего всё мироздание в целом, подробно остановиться на отдельных деталях в рамках журнальной статьи не представляется возможным. Мы надеемся, что этот недостаток будет устранен хотя бы частично в последующих более объемных публикациях.

Итак, к делу.

Мы исходим из убеждения, что Мир эволюционирует. Это убеждение мы квалифицируем как «Презумпцию развития» (автору нравится слово «презумпция») и далее будем рассматривать эволюцию как одно из основных свойств Мира, возможно даже – вообще основное.

Эволюция здесь является ключевым словом, но вот что такое эволюция? Процесс эволюции можно схематически изобразить так:

??... → ... → ... → ... ??

и прокомментировать следующими «наивными вопросами»:

- Откуда движемся?
- Куда движемся?
- Как движемся?
 - Почему?
 - Зачем?

на которые, впрочем, не так просто дать вразумительный ответ.

Имеется и немало попыток дать, так сказать, «рефлексивные» определения данного понятия.

Большинство из них сводится примерно к следующему: «Эволюция – это процесс последовательных изменений в системе, которые приводят ее к качественно новому состоянию развития (прогресса)».

Автор не имеет ничего против такого рода определений, однако отмечает, что критерии прогресса не очевидны и достаточно неопределенны, а их уточнения, по сути, делают данные определения тавтологией. Мы полагаем, что «эволюция» является фундаментальным, первичным понятием (ср. с понятием множества в математике), которому строгое определение дать невозможно. Но можно привести примеры, дать некоторые пояснения, исследовать её свойства и установить закономерности, чем мы и предполагаем сейчас заняться.

Основным понятием общей теории эволюции мы полагаем понятие «МЕХАНИЗМА ЭВОЛЮЦИИ». Краткое содержание данного понятия раскрывается в следующих утверждениях:

1. Эволюция мира осуществляется в определенных *дискретных* формах. Эти дискретные формы мы и будем называть «механизмами эволюции».

2. Каждый *механизм эволюции* характеризуется определенным, специфичным для него комплексом материально выраженных признаков, позволяющих его индивидуализировать и выделить среди других механизмов.

3. Однако все *механизмы* имеют некоторые общие свойства, что позволяет их типизировать и отнести к одному классу явлений, а именно – к классу «ЭВОЛЮЦИЯ»

В данной работе мы выделяем и будем рассматривать (с разной степенью детализации) следующие эволюционные механизмы:

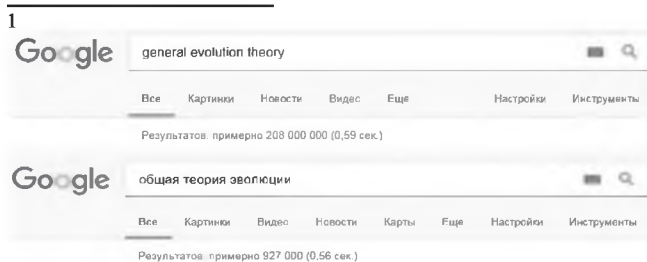
1. ФИЗИЧЕСКИЙ.
2. ХИМИЧЕСКИЙ.
3. ГЕНЕТИЧЕСКИЙ.
4. НЕЙРОННЫЙ.
5. КОММУНИКАЦИОННЫЙ.
6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ,

состоящий из следующих:

- 6.1. Производственно-потребительский.
- 6.2. Производственно-обменный.
- 6.3. Производственно-финансовый
- 6.4. Производственно-финансово-информационный
- 6.5. Производственно-финансово-информационно-сетевой

Отметим, что каждый из перечисленных механизмов обладает своей «тонкой структурой». Например, для Физического механизма мы выделяем 10 фаз, которые будут указаны ниже. Пока что мы явно перечислили лишь отдельные этапы Производственного механизма, которых мы на данный момент насчитываем 5 и которые во второй части работы будут проанализированы более подробно.

Исчерпывает ли приведенный список множество всех механизмов эволюции? Ответ, очевидно, отрицательный. Мы считаем, что это множество вообще



2. Колмогоровская мера сложности и ее интерпретации³

Исходя из соображений научной полноты и адекватности позволим себе привести определение понятия сложности по Колмогорову, следуя его знаменитой работе «Три подхода к определению понятия количества информации»⁴. Данное определение мы сопроводим нашей интерпретацией и комментариями, отражающими имплицитно содержащиеся в колмогоровской теории сложности отношения «субъект – объект» и «форма – содержание».

В данной работе мы также изложим некоторые соображения касательно общих системно-методологических и естественнонаучных оснований исследования «сложных» процессов и объектов.

Итак, рассмотрим некоторое счетное множество $X = \{x\}$. Предположим, что существует взаимно однозначное соответствие между множеством X и множеством D двоичных слов, начинающихся с единицы⁵ – иными словами, пусть задано биективное отображение:

$$n: X \rightarrow D, \quad (1)$$

такое, что каждому $x \in X$ однозначно отвечает некий $d = n(x)$, $d \in D$, и наоборот. Будем считать, что:

1. $n(x)$ – общерекурсивная функция на D . Обозначим через $l(d)$ длину двоичного слова $d \in D$, то есть число нулей и единиц, в нем содержащихся. Тогда

$$l(n(x)) = l(x) + C, \text{ где } C \text{ – некая константа.}$$

2. Существует однозначное отображение

$$\chi: X^2 = X \times X \rightarrow X$$

такое, что для $\forall x \in X, y \in X \exists z \in X$, что $z = \chi(x, y) \equiv (x, y)$ и $n(z) = n(x, y)$ – общерекурсивная функция от $n(x)$ и $n(y)$, причем:

$$l(x, y) \leq C_x + l(y),$$

где константа C_x зависит только от x . Полагаем изоморфизм (1) установленным, так что множество X также рассматриваем как множество двоичных слов. Допустим, что существует частично рекурсивная функция $\varphi(p, x)$, ставящая в соответствие двоичному слову x двоичное слово y , причем $p \in D$ интерпретируется как алгоритм (или программа), „перерабатывающая” x в y :

$$p: x \rightarrow y, \quad (2)$$

а φ представляет при этом метод (язык) программирования. Без потери общности полагаем, что p для данного x задается неким двоичным словом. Обозначим:

$$K_\varphi(y|x) = \begin{cases} \min_p l(p), & \text{если } \varphi(p, x) = y \\ \infty, & \text{если не существует конечного } p \\ & \text{такого, что } \varphi(p, x) = y. \end{cases} \quad (3)$$

³ При первом чтении данный раздел можно опустить.

⁴ А.Н.Колмогоров. Три подхода к определению понятия количества информации. В кн. Теория информации и теория алгоритмов. – М.: Наука, 1987. – С. 220.

⁵ Множество D двоичных слов, начинающихся с единицы, состоит из элементов: 1, 10, 11, 100, 101, 110, 111 и так далее.

Таким образом, $K_\varphi(y|x)$ является длиной минимальной (самой короткой) программы p , переводящей x в y при заданном методе программирования φ .

Эта величина и называется *сложностью у относительно x при данном φ* .

На интуитивном уровне понятно, что «сложность у относительно x при данном φ » связана с некоей неоднородностью объекта x , то есть с тем, насколько нерегулярно размещены в нем нули и единицы, насколько это распределение неоднородно, не может быть существенно упрощено и, значит, не допускает более короткого описания $\varphi(p, x) = y$. Разумеется, зависимость величины сложности от языка программирования φ является недостатком описанного метода, но есть теорема⁴, утверждающая существование „наилучшего” метода программирования A такого, что для любой частично рекурсивной функции φ справедливо неравенство:

$$K_A(y|x) \leq K_\varphi(y|x) + C_\varphi, \quad (4)$$

где постоянная C_φ зависит лишь от φ и не зависит от x и y .

Величину $K_A(y) \equiv K_A(y|1)$, „нормированную” относительно единичного элемента $x = 1$, естественно считать сложностью элемента y .

Замечательно, что в модели Колмогорова сложность связана с информацией. А именно, количество информации в объекте x относительно объекта y определяется как разность:

$$I_A(x|y) = K_A(y) - K_A(y|x). \quad (5)$$

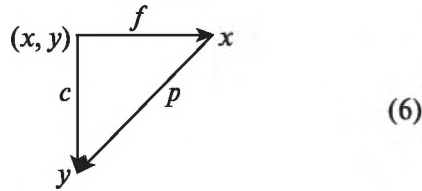
Последняя формула и определяет меру информации – так называемую алгоритмическую меру информации Колмогорова.

Информационная мера Колмогорова весьма поучительна. Ее определяющим свойством является относительность. Действительно, количество информации, которую содержит некий объект, мы можем определить, лишь сравнивая его свойства со свойствами другого объекта, который нам достаточно хорошо знаком.

Обращает на себя внимание свойство «субъектности» мер сложности и информации Колмогорова. Ведь они в явном виде содержат некий оператор, программу – «субъект», который обеспечивает сравнение свойств объектов x и y . Мы еще вернемся к обсуждению этого свойства.

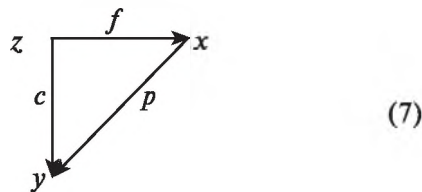
Поскольку для простоты изложения, как это принято в математике, оба объекта представлены двоичными числами (то есть «субстанциально» однородными объектами), постановка задачи сравнения свойств x и y не представляется чересчур «сложной». Картина, однако, может кардинально измениться, если в качестве x и y будут выбраны объекты различной субстанциальной природы.

Формулы (3)–(5) и весь описанный подход определения информации через алгоритмическую сложность могут быть проинтерпретированы несколько иным образом. Рассмотрим треугольную диаграмму:



где x и $y \in X$; элемент $(x, y) \in X^2$, причем благодаря существованию отображения $\chi : X^2 \rightarrow X$, $\chi(x, y) = z$, $z \in X$. В диаграмме (6) отображения f и c осуществляют проекции элемента (x, y) на первый и второй сомножители, соответственно, причем справедливыми остаются формулы (3)–(5) и интерпретация сложности и информационной меры.

Допустим, что объект z , который до этого представлял образ декартова произведения (x, y) при отображении χ , на самом деле является самостоятельным, в определенной мере независимым от x и y объектом внешнего мира. Это допущение позволяет построить такую диаграмму:



где $z \in Z$, Z – множество-источник объектов z ; при этом $x \in X$, $y \in Y$. Тогда отображения f и c определяют некие интерпретации объекта z , и, кроме того, отображение p интерпретирует x через y . Естественно допустить, что объект x отражает «формальные» свойства объекта z , при условии, что отображение f содержит в себе некий аналог «коммуникационной среды» и «перцептивно-сенсорного аппарата», а y – его «содержательные» свойства, причем связь между «формой» и «содержанием» берет на себя p . Требование минимальности p здесь совершенно естественно, ведь «истолкование» формы (а его результатом, собственно, и является содержание) не должно содержать «лишних», случайных относительно x (а также и z) элементов. Построенная таким образом конструкция, основанная на тройке объектов (z, x, y) и тройке отображений (f, c, p) , формирующая диаграмму (7), допускает естественную интерпретацию как комплекса, являющегося носителем (и, по сути, реализующего) отношение «форма-содержание». Итак, отношение «форма-содержание» таким своеобразным способом оказывается «зашифрованным» в алгоритмической теории сложности и информации Колмогорова.

Наиболее фундаментальной здесь является идея конструктивного объекта и его описания, что выражено в формуле (2): $p: x \rightarrow y$. Поскольку исследуемые нами объекты, эволюцию которых мы изучаем, являются реальными сущностями, обладающими собственной онтологической природой, то свойство конструктивности уже с самого начала есть некоторым упрощением, огрублением действительности, неким лишь приблизительно верным представлением об этих объектах. Такая

ситуация является типичной для любого исследования: наука изучает свои объекты не в их собственных ипостасях, а всего лишь на более или менее адекватных моделях. И свойство конструктивности, которое мы приписываем исследуемым объектам и явлениям, является самым первым допущением, базовым предположением, позволяющим дальнейшее развитие теории.

Следующий шаг – построение адекватного описания изучаемого объекта, позволяющего осуществить его идентификацию и воспроизведение его свойств. Попытаемся установить, какими свойствами должен обладать оператор (отображение) p , реализующий построение описания объекта, которому мы предписали свойство конструктивности.

Данный оператор обязан иметь в своем составе некий аналог перцептивно-сенсорного аппарата, который позволяет ему воспринимать свойства наблюдаемого объекта и отличать его от других объектов. Воспринятые таким образом свойства должны затем фиксироваться в среде внутренних состояний данного оператора и подвергаться неким аналитическим и синтетическим процедурам, результатом которых является конструктивный (фактически – формальный) объект, представляющий выражение некоторой, вполне определенной комбинации внутренних состояний оператора. Он отождествляется с описанием исходного наблюдаемого объекта.

В теории сложности и информации Колмогорова оператор, осуществляющий переработку воспринимаемых им свойств наблюдаемого объекта в своё внутреннее представление, также представляется в форме некоторого конструктивного объекта. Как таковой, он также приобретает форму некоторого описания, а конкретно – слова в алфавите внутренних состояний (у Колмогорова они маркированы двоичными последовательностями). Среди возможных описаний выбирается минимальное – с учётом некоторых дополнительных условий, и таким образом получается выражение для сложности исходного объекта относительно его описания. Оно и служит исходным материалом для построения количественных мер сложности и информации.

Отмеченные соображения оказываются полезными при построении мер сложности конкретных механизмов эволюции, формирующих реальный мир.

Они позволяют построить своеобразный мостик между математическими абстракциями и свойствами объектов реального мира. Это становится более понятным при сопоставлении свойств сложности, информации и энергии.

Связь между энергией и информацией была установлена довольно давно. Например, замечательным свойством информации является то, что для её получения обязательно необходимо затратить какое-то количество энергии. Оказывается, что минимальные затраты энергии, необходимые

для получения одного бита информации, вычисляются по формуле⁶:

$$kT \cdot \ln 2 \text{ эрг}, \quad (8)$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг/К° – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура системы, в которой происходит выработка информации. При 300 К°, то есть при нормальной температуре, эта величина равняется $4 \cdot 10^{-14}$ эрг, или приблизительно 10^{-2} электронвольт. Это очень малая величина. Например, минимальное количество энергии, необходимой для получения 100 терабайт информации (такое примерно количество содержится в 50 миллиардах страниц печатного текста), равно примерно 1 эрг. Нам пока что неизвестны реальные информационные процессы, работающие с такой колоссальной эффективностью!

Существуют в определенном смысле обратные процессы, а именно такие, где, образно говоря, уже информацию можно преобразовать в энергию. Идея о возможности таких процессов возникла в науке в связи с обсуждением парадокса с так называемым «демоном Максвелла», который представляет пример механизма, в некотором смысле преобразующего информацию в энергию, то есть использующего в качестве «горючего» информацию⁷. Информационно-энергетическая модель такого процесса описана в книге⁸. Данный эффект дает основания полагать, что аналогичные процессы происходят и в социотехнических системах; они подробно описаны в работах^{9, 10}.

Таким образом, информационные процессы не составляют замкнутой системы и очень быстро

выводят в другую область свойств объектов – энергетическую. Это побуждает специалистов, занимающихся информационными свойствами систем, постепенно осознать недостаточность одного лишь информационного подхода даже в собственной области. И – по мере всё более глубокого проникновения в свойства вещей – представления, факты и методы различных наук, по нашему убеждению, будут стремиться к конвергенции всё интенсивнее. В этом проявляется смысл трансдисциплинарности – основной определяющей черты современного развития науки.

Отметим, что далеко не любая информация может быть преобразована в полезный ресурс. В частном случае этот процесс, образно выражаясь, способен реализовать даже один информационный демон Максвелла. В реальных же ситуациях для этой цели создаются целые комплексы организаций и институций (следуя Селфриджу¹¹, употребим для них название «пандемониумы»), обеспечивающие производство, многократные преобразования информации и ее транзакции до тех пор, пока она не поступит в социотехническую систему в нужный момент, да еще и в нужной форме, адаптированной к восприятию системой-реципиентом.

Из изложенного вполне однозначно следует, что сложность является не просто оценочной характеристикой, а фундаментальным объективным свойством явлений и процессов. По нашему мнению, существует глубокая аналогия между определениями понятия сложности, с одной стороны, и энергии, также являющейся некоей универсальной объективной характеристикой вещей, с другой. Оба отмеченных понятия – и сложность и энергия – являются исключительно многоаспектными и по-разному проявляются в различных ситуациях. Отмеченную выше аналогию можно проследить, обратившись к табл. 3.

⁶ Волькенштейн М.В. Теория информации и эволюция. // «Кибернетика живого: биология и информация». – М.: Наука, 1984. – с. 45-53. Волькенштейн М. В. Энтропия и информация. – М.: Наука, 1986. – 190 с.

⁷ Szilard L., Zs. Fur Physic, 54, 840, 1929.

⁸ Стратонович Р.Л. Теория информации. – М.: Сов. радио, 1975. – 423 с., гл 12.

⁹ Широков В.А. Інформаційно-енергетичні трансформації та інформаційне суспільство. //Українсько-польський науково-практичний журнал «НАУКА, ІННОВАЦІЯ, ІНФОРМАЦІЯ». – Київ, 1996. – № 1. – С. 48-66.

¹⁰ В.А.Широков. Інформаційна теорія лексикографічних систем, – К.: Довіра, 1998. – 331 с.

¹¹ Selfridge O.G. Pandemonium: a paradigm for learning. In: Mechanisation of thought processes. London. HMSO., 1959. – P. 511–531.

Таблица 3

Сопоставление свойств энергии и сложности

ЭНЕРГИЯ – мера интенсивности процессов и объектов	СЛОЖНОСТЬ – мера неоднородности (структурированности, нечеткости, нерегулярности) процессов и объектов
<p>Формула размерности: ML^2t^{-2}</p> <p>Единицы измерения: 1 Дж = 0.0002388458966275 Ккал = $1.60219 \cdot 10^{-19}$ Эв</p> <p>Проявления (формы) энергии</p> <p>В механике: кинетическая, потенциальная</p> <p>Энергия электромагнитного поля:</p> <p>В квантовой механике: $\frac{E \cdot D}{2} + \frac{B \cdot H}{2}$</p> <p>$E_{\psi} = \langle \psi H \psi \rangle$</p> <p>(энергия в состоянии ψ равна матричному элементу оператора гамильтониана, вычисленному по этому состоянию).</p> <p>Энергия и теплота, энергия и работа, энтальпия, внутренняя энергия, свободная энергия, энергия и масса, темная энергия...</p>	<p>Формула размерности: $ML^2t^{-2}T^{-1}$</p> <p>Единицы измерения: Бит, Ккал·(К°)⁻¹; К° – градусы Кельвина</p> <p>Проявления (формы) сложности Информация, энтропия, вероятность, нечеткость</p> <p>...</p>

Из анализа табл. 3 видно, что существует определенный параллелизм в определении свойств понятий энергии и сложности. В то же время подчеркнем, что данные понятия манифестируют совершенно различные свойства и характеристики объектов, что также следует из данной таблицы. Подчеркнем, что сложность, фактически, имеет статус физической величины, которую можно измерять, рассчитывать ее величину по соответствующим моделям и т. д. Ее фундаментальность, также как и фундаментальность понятия энергии, определяется многообразием ее проявлений и связей с другими фундаментальными величинами и понятиями. Еще одним выводом, который можно сделать из проведенного анализа, является то, что, по-видимому, описание фундаментальных систем должно осуществляться в духе принципа дополненности Бора в виде двух связанных между собой комплементарных видов описаний – энергетического и сложностного.

3. Некоторые примеры действия Основного закона эволюции

Основной закон эволюции сформулирован нами в следующем виде:

«СЛОЖНОСТЬ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВСЕГДА РАСТЕТ».

При его формулировке подчёркивалось, что данное утверждение представляет собой лишь *необходимое условие* эволюции. Это уточнение весьма существенно. Отметим однако, что материальные факторы, формы, механизмы и способы реализации самой сложности весьма различаются для разных механизмов эволюции. Они обеспечиваются

разными, специфичными для каждого механизма субстанциями, отношениями, взаимодействиями и другими системными факторами. Это замечание справедливо даже и для различных фаз или этапов одного и того же механизма эволюции. Некоторая информация относительно данного замечания сведена в помещённую ниже табл. 4. В табл. 5 продемонстрированы и кратко прокомментированы 10 этапов Физического механизма эволюции в терминах соответствующих временных диапазонов, состояний, процессов и субстанций. При этом отмечается возрастание сложности соответствующего механизма эволюции на каждом этапе. Это служит еще одним подтверждением *Основного закона эволюции*.

Несмотря на то, что сложность является главным эволюционным фактором и двигателем, ее рост в пределах любого конкретно взятого механизма эволюции не может продолжаться неограниченно. Анализ данных свидетельствует о том, что каждый механизм эволюции (и, соответственно, этап отдельно взятого механизма) имеет свой, характерный именно для него предел роста сложности, обусловленный его системным устройством. Данное обстоятельство имеет исключительное значение для временной динамики механизма эволюции. Оно на самом деле служит главным фактором, определяющим ограниченность во времени каждого механизма (и этапа) эволюции, и одновременно обеспечивает дискретность самого множества механизмов.

Таким образом, оценка сложности эволюционирующих объектов, управляемых теми или иными механизмами, приобретает решающее значение для развития общей теории эволюции.

Эта задача весьма нетривиальна.

Таблица 4

Эволюционные механизмы, объекты и субстанции

МЕХАНИЗМ ЭВОЛЮЦИИ – ТИП СЛОЖНОСТИ	ОБЪЕКТЫ	СУБСТАНЦИИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ МЕХАНИЗМ ЭВОЛЮЦИИ
ФИЗИЧЕСКИЙ	Элементарные частицы, физические поля, ядра, атомы	Физические взаимодействия
ХИМИЧЕСКИЙ	Электроны, протоны, нейтроны, фотоны, атомы, молекулы	«Принцип Паули» (специфическое взаимодействие, определяющее порядок заполнения атомных орбит и регламентирующее состав таблицы Менделеева)
ГЕНЕТИЧЕСКИЙ	Все живые организмы	Геномы
НЕЙРОННЫЙ	Живые организмы, начиная с червей	Нервные системы
КОММУНИКАЦИОННЫЙ	Коллективные (социальные) животные, человек	Сигнальные системы
А) ПРОИЗВОДСТВЕННО-ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЙ	Некоторые социальные животные, человек	Сигнальные системы + Орудия труда
Б) ПРОИЗВОДСТВЕННО-ОБМЕННЫЙ	Человек	Коммуникационные системы, орудия и продукты труда
В) ПРОИЗВОДСТВЕННО-ФИНАНСОВЫЙ-«+»	Человек	Финансово-экономические, социальные, государственные, международные и глобальные институты. Техника, технологии, когнитивно-коммуникативные системы (в т. ч. сетевые).

Общих, универсальных методов, позволяющих оценить сложность того или иного реального объекта, насколько нам известно, не существует. Хотя теория сложности развивается уже больше полувека, ее содержательные результаты в основном сосредоточены в области так называемой вычислительной сложности и касаются артефактов. Сюда относится собственно проблематика сложности вычислений, а также близкие к ней задачи сложности алгоритмов, программ, сложности доказательств, сложности информационного поиска и т. п. Что касается моделей сложности реальных объектов и процессов, то результаты здесь гораздо скромнее. В основном они касаются поведения так называемых *сложных систем*, причем сложность последних оценивается всего лишь на качественном уровне через факторы многопараметричности и/или нелинейности.

Разумеется, количественных оценок сложности соответствующих систем не делается. Автору не известны даже постановки таких заданий.

Представляется весьма заманчивой возможность построения формальной модели сложности реальной системы путем сведения ее к некоей известной задаче определения вычислительной сложности. Однако и такие примеры нам, к сожалению, неизвестны. Поэтому наши попытки определения сложности и динамики тех или иных механизмов эволюции будут в значительной мере эвристичными, имеющими характер «правдоподобных рассуждений».

Итак, приступим к оценке сложности и ее динамики для некоторых механизмов эволюции. В качестве таковых мы здесь рассмотрим генетический, нейронный и коммуникационный.

Таблица 5

Этапы физической эволюции (физического механизма эволюции)

ЭТАП	НАЧАЛО (ВРЕМЯ: t)	ПЕРИОД	СОСТОЯНИЕ	ПРОЦЕССЫ	СУБСТАНЦИЯ
1 Big Bang	t = 0	Планковская эпоха 0 – 10 ⁻⁴³ сек.	Полная симметрия материи. Минимальная сложность	Большой Взрыв. Планковская температура и плотность	Первичная материя
2	10 ⁻⁴³ сек.	10 ⁻⁴³ – 10 ⁻³⁵ сек. Эпоха Великого Объединения	Первое спонтанное нарушение симметрии. Рост сложности	Выделение гравитационного взаимодействия	Первичная плазма
3	10 ⁻³⁵ сек.	10 ⁻³⁵ – 10 ⁻³¹ сек. Инфляционная эпоха	Второе спонтанное нарушение симметрии. Рост сложности	Отделение сильного от электрослабого взаимодействий	Кварк-глюонная плазма, Электрослабая материя
4	10 ⁻³¹ сек.	10 ⁻³¹ – 10 ⁻¹² сек. Электрослабая эпоха	Образование W и Z бозонов и бозонов Хиггса	Образование масс элементарных частиц	Адроны и лептоны
5	10 ⁻¹² сек.	10 ⁻¹² – 10 ⁻⁶ сек.	Третье спонтанное нарушение симметрии. Рост сложности	Охлаждение кварк-глюонной плазмы. Образование адронов.	Материя и антиматерия.
6	10 ⁻⁶ сек.	10 ⁻⁶ – 100 сек.	Рост сложности	Образование нуклонов. Аннигиляция адронов. Освобождение нейтрино	Нуклоны Нейтрино Электромагнитное излучение
7	100 сек.	100 сек. – 3 мин.	Рост сложности	Нуклеосинтез	Образование первичного состава звездного вещества: 25% гелия-4, 1% дейтерия, следы более тяжелых элементов (до бора включительно), остальное водород
8	3 мин.	3 мин. – 380 тыс. лет.	Рост сложности	Нуклеосинтез. Вещество начинает доминировать над излучением. Рекомбинация водорода. Доминирование гравитации	Водород, гелий, дейтерий, следы лития-7
9	380 тыс. лет.	380 тыс. лет. – 550 млн. лет.	Рост сложности	Темные века	Вселенная заполнена водородом, гелием, реликтовым излучением водорода на волне 21 см. Звезды и квазары отсутствуют
10	550 млн. лет.	(550–800) млн. лет.	Рост сложности	Реионизация. Первые звезды, галактики, скопления и сверхскопления галактик	Атомы, вещество, реликтовое излучение, космическая пыль, звезды, галактики

Как отмечалось, субстанцию генетического механизма образуют геномы. Генетическая история и теория изучены достаточно подробно и им посвящены сотни фундаментальных монографических трудов. Поэтому мы не будем здесь пересказывать основы генетики, а перейдем сразу к формулировке наших предложений.

Мы полагаем, что **параметром (количественным коррелятом) сложности генетического механизма эволюции служит объем генетической информации, точнее, размер генома.** Биологи традиционно измеряют размер геномов количеством нуклеотидных пар (длиной генетического кода). Для наших целей иногда будет удобнее измерять длину кода ДНК в битах. Поскольку для кодирования генов используется 4 нуклеотидных остатка, то для получения объема генетического кода в битах, нужно просто умножить «традиционную» длину кода на два. Мы осознаем, что это довольно грубая оценка, потому что детали генетических процессов гораздо более изощренны и требуют для своего достаточно полного описания гораздо более тонких параметров, чем просто длина генетического кода. Однако, действуя в рамках *Презумпции нулевого приближения*, мы убеждаемся, что получаем результаты, вполне согласованные с действительностью. А все мыслимые их уточнения, по нашему мнению, лишь усиливают изначально грубую картину происходящего. Соответствующие данные об исторической динамике сложности генетического механизма эволюции приведены в табл. 7.

Субстанцией **нейронного механизма эволюции** мы полагаем нервные (нейронные) системы. В качестве **параметра сложности предлагаем определить объем нейронной системы с учетом ее известной избыточности.** Разумеется, и здесь необходимо учитывать, что нервная система является результатом долгой и отнюдь нелинейной эволюции. Различные типы нервных систем развивались параллельно, признаки наследовались избирательно¹². Для полной и точной количественной оценки сложности нейронного механизма эволюции необходимо проведение специального исследования, учитывающего хотя бы эффекты, отраженные в приведенной ссылке. Здесь мы воспользуемся всего лишь одним параметром — динамикой числа нейронов, который дает нам в нулевом приближении оценку

¹² Для общего представления об исторической эволюции нервной системы можно получить сведения из учебника Г. Шеперда: Шеперд Г. Нейробиология. — Учебник в 2-х томах. Как отмечается в другом учебнике («Общий курс физиологии человека и животных» (под редакцией профессора А. Д. Ноздрачева, книга первая. М., «Высшая школа», 1991.) «Предполагают, что исходной формой нервной системы всех животных была диффузная. Из этой формы в ходе эволюции вторичноротых сформировалась «спинная» трубчатая нервная система — спинной и головной мозг, а в ходе эволюции первичноротых, например, насекомых, — узловая — брюшная нервная цепочка с окологлоточными ганглиями (головным мозгом этих животных). Основными направлениями эволюционного развития всех нервных систем, видимо, были централизация элементов, цефализация (развитие головного мозга, головных ганглиев) и общее увеличение числа нейронов и их синаптических связей».

сложности нейронного механизма эволюции в историческом плане. Соответствующие данные об исторической динамике сложности нейронного механизма эволюции также приведены в табл. 6.

Особый интерес представляет **коммуникационный механизм эволюции.** Ведь коммуникация является принципиально иным, чем предыдущие, а именно, небиологическим (точнее, *биосоциальным*) механизмом усложнения. Здесь под коммуникацией мы понимаем специфическую область социального взаимодействия биологических субъектов, а именно, дву- (и много-) стороннее общение индивидуумов, в основе которого лежит передача социально значимых сигналов. При этом вид, форма, содержание и когнитивный статус используемых символов может варьироваться в очень широких пределах. Коммуникация предполагает наличие психики в качестве структурно-функционального субстрата, поддерживающего коммуникативные процессы. В свою очередь, психика возникает из свойства раздражимости живых существ и развивается в связи с образованием и развитием у них нервной системы, что обеспечивает связь с предыдущим нейронным механизмом эволюции.

В своем развитии психика прошла ряд последовательных и надстраиваемых одна над другой стадий, среди которых отметим: перцептивную, сенсорную, интеллектуальную и др. Мы начинаем отсчет коммуникационного механизма с зарождения интеллектуальной стадии — примитивных форм мышления на основе зарождения элементов второй сигнальной системы. Такими способностями обладают социальные биологические субъекты, начиная с некоторых социальных насекомых (пчелы, муравьи и т. п.). В книге¹⁰ выделяется два типа интеллекта (1-го и 2-го рода), дифференцированные объемом и качеством связей между мыслительной и языковой подсистемами мыслеречевых аппаратов субъектов-участников коммуникативных процессов. В этой же книге (с. 37) сформулирован основной когнитивный тракт (ОКТ), концентрирующий этапы когнитивно-коммуникативного освоения действительности:

ВОСПРИЯТИЕ → ОЩУЩЕНИЕ →
 ПЕРЕЖИВАНИЕ → ПОНИМАНИЕ →
 → ОСОЗНАНИЕ → РЕФЛЕКСИЯ → РЕАКЦИЯ.

ОКТ складывался исторически в процессе разворачивания коммуникационного механизма эволюции.

В соответствии с изложенным мы считаем, что **субстанциями коммуникационного механизма эволюции являются сигнальные системы,** развившиеся у некоторых видов социальных животных и, разумеется, у людей. Причем «языковая» («речевая») коммуникация служит здесь главным элементом коммуникационного механизма усложнения.

Возникает вопрос: как выбрать меру сложности коммуникационного механизма? Мы предлагаем определить в качестве этой меры **объем**

«лексической системы» — количество «слов» в «языках» соответствующих коммуникативных сообществ.

Данное предложение нуждается в пояснении. Ведь понятие языка (и лексики) животных, а тем более — насекомых весьма условно. Оно значительно отличается, от того смысла, который мы вкладываем в определение человеческого языка.

С другой стороны, дать строгое определение даже человеческого языка также не представляется возможным. Тем не менее, мы знаем, что все коммуникативные («языковые») системы обладают рядом весьма фундаментальных общих свойств, позволяющих отнести их к некоторому единому классу. Так, во всех таких системах выделяются некие дискретные единицы — носители (концентраторы) семантической, социально значимой для сообщества коммуникантов информации. Они обладают дихотомической природой и являются носителями отношения «форма-содержание». Такие коммуникативные системы обладают целым рядом свойств, близких к тем, которые были описаны нами в ходе изложения колмогоровского определения информации. Еще ближе они (вплоть до буквального совпадения) к свойствам так называемых элементарных информационных единиц, развившихся в результате тех или иных лексикографических эффектов¹³. Эти соображения позволяют нам использовать объем лексики коммуникативных систем соответствующих сообществ в качестве меры сложности коммуникативного механизма

¹³ Понятия лексикографического эффекта в информационных системах и элементарных информационных единиц были введены и исследованы нами в книге: В. А. Широков. Інформаційна теорія лексикографічних систем. — К.: «Довіра», 1998, 330 с.

эволюции в его динамике. Соответствующие данные сведены нами в табл. 6.

Общие данные по сравнительной динамике генетического, нейронного и коммуникационного механизмов приведены в табл. 7.

Важные (промежуточные) выводы первой части

1. Мы рассмотрели три механизма эволюции: генетический, нейронный и коммуникационный.

2. Субстанциями этих механизмов являются, соответственно, геномы, нервные и сигнальные системы.

3. Очевидно, что эволюция началась не с них. Перед тем была химическая эволюция и физическая эволюция (может и не одна!). И еще некоторые.

4. Все отмеченные механизмы имеют одну общую черту: **разворачивание любого механизма эволюции приводит к усложнению эволюционирующей системы. Это означает, что в процессе временной динамики конкретного механизма эволюции его сложность (оцениваемая величиной соответствующего количественного коррелята) возрастает, что показано в табл. 7.**

5. При этом каждый эволюционный механизм — механизм эволюции через усложнение системы — имеет свой естественный предел. Он «запрограммирован» на достижение некоего, характерного именно для данного механизма максимума сложности.

6. Если эволюционирующая система подходит к этому пределу (ее ресурсы усложнения приближаются к исчерпанию), она попадает в так называемую «ловушку сложности», вступает в критическую фазу и пытается «найти» другие механизмы, способные

Таблица 6

Динамика сложности коммуникативного механизма эволюции

КОММУНИКАТИВНОЕ СООБЩЕСТВО	КОЛИЧЕСТВО «СЛОВ» (ЗНАКОВ)	ОТНОСИТЕЛЬНАЯ МЕРА СЛОЖНОСТИ
НАСЕКОМЫЕ (ПЧЕЛЫ, МУРАВЬИ)	~ 100	1
ОБЕЗЬЯНЫ, ДЕЛЬФИНЫ	~ 10000	100
ЧЕЛОВЕК	~ 10 000 000 (слова + словосочетания-термины); число семантических состояний ~200 000 000	100 000 2 000 000

Таблица 7

Сравнительная динамика роста сложности генетического, нейронного и коммуникационного механизмов

ОБЪЕКТЫ ЭВОЛЮЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	МЕХАНИЗМЫ ЭВОЛЮЦИИ (МЕХАНИЗМЫ РОСТА СЛОЖНОСТИ)		
	Генетический	Нейронный	Коммуникационный
	ПАРАМЕТРЫ СЛОЖНОСТИ		
	Объем геномов (в битах)	Нормализованный объем нейронной системы (в битах)	Объем знаковой («лексической») системы (единиц)
Вирус	$10^3 - 10^4$	0	0
Бактерия	10^5	0	0
Амеба	10^6	0	0
Черви	10^6	$10^0 - 10^1$	0
Пчелы, муравьи	10^7	$10^3 - 10^4$	100
Шимпанзе, дельфины	10^8	$10^7 - 10^8$	10000
Человек	10^9	10^9	От 10^7 до $2 \cdot 10^8$ и больше

обеспечить ее усложнение, и следовательно – продолжить процесс эволюции.

7. В рассматриваемом случае к генетическому механизму (когда он приблизился к своему пределу) на определенном этапе был подключен другой – нейронный механизм и эволюция была продолжена. Затем нейронный механизм приблизился к своему исчерпанию и подключился коммуникационный механизм.

Резюмируем изложенное. Насколько мы можем судить из анализа имеющихся данных, временная динамика всех механизмов эволюции имеет общие черты. Схематически они изображены на рис. 1.

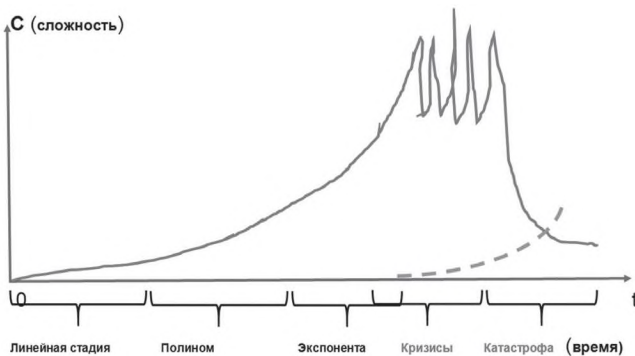


Рис. 1. Обобщенная динамика механизма эволюции

На начальной стадии развертывания механизма эволюции сложность растет линейно по времени. Эта эпоха относительно спокойного, прогнозируемого развития эволюционирующей системы, ее «золотой век». В этот период происходит становление основных системных характеристик и детерминантов системы и выход их на стадию доминирования.

Затем наступает эпоха полиномиального роста сложности. Система разворачивает свои характерные свойства. Развитие при этом ускоряется, раскрывая все потенциальные возможности соответствующего механизма эволюции.

После этого система вступает в фазу экспоненциального роста сложности. Характерной особенностью экспоненциального периода является то, что он происходит на границе предельных возможностей развития системы. Данный период усложнения плохо поддается или уже совсем не поддается управлению и в системе начинают нарастать критические явления. Их причиной является внутренняя противоречивость эволюционного процесса: *Основной закон эволюции* требует возрастания сложности, а необходимость обеспечения управляемости системы с такой же необходимостью ограничивает этот рост. Критические явления нарастают и могут стать для системы катастрофическими. В это время в недрах системы (а, возможно, и вне их) происходит (если происходит) зарождение нового механизма эволюции, с которым осуществляется примерно такая же история.

Одним словом: история продолжается!

Во второй части работы мы расскажем о том, какой она видится применительно к человеческому сообществу.

RESUME

Volodymyr Shyrov

EVOLUTION AS UNIVERSAL NATURAL LAW (PROLEGOMENA TO THE FUTURE GENERAL EVOLUTION THEORY)

The work formulates the principles of the general theory of evolution and its applications. The characteristic feature of the work is that the object of research is the entire Universe – "without exceptions and seizures." Such a general formulation of the problem dictates the need to develop a special research methodology.

In the first part of the paper the author's general conception of evolution is presented. The basic concept of the general theory of evolution, i.d. the concept of the evolution mechanism, is introduced and justified. According to the author's concept, the evolution of the world is not continuous, but realized in some discrete forms, which are "mechanisms of evolution". Each mechanism of evolution is characterized by the complex of materially expressed agents specific to this mechanism, which allows one to individualize and distinguish it among other mechanisms. However, all mechanisms have some common properties, which allows them to be typified and attributed to a single class of phenomena, namely, to the class "evolution".

The following evolutionary mechanisms have been singled out and considered with varying degrees of detail: physical, chemical, genetic, neural, communication, and production. Each of these mechanisms has its own "fine structure". For example, 10 phases are allocated for the physical mechanism. The production mechanism consists of the following stages: 1. Consumer; 2. Exchange; 3. Financial; 4. Financial and information; 5. Financial and information-network. In detail they are analyzed in the second part of the work.

The mechanisms noted do not exhaust the set of all the mechanisms of evolution, which, generally speaking, is assumed to be open. And the possibility of parallel development of several mechanisms is not ruled out.

The paper analyzes the internal causes underlying all evolutionary processes. It is suggested that the cause and engine of evolutionary processes is the complexity of the evolving system. This means that increasing the complexity of the system is a necessary condition for its evolution: if the system evolves, its complexity increases. Thus, the author comes to the formulation of the Basic Law of Evolution: the complexity of the evolving system grows constantly.

In order to ensure the meaningful application of complexity theory, the author details this theory, starting with its intuitive interpretation by the example of so-called constructive objects in the form of linear chains of symbols from some finite alphabet. The basic formulation and author's interpretation of A. Kolmogorov's algorithmic complexity theory is given. The multi-aspect of the concept of complexity is underlined and a certain parallelism is established in the definition of the concepts of complexity on the one hand and energy on the other.

The importance of constructing measures of complexity for evolving objects controlled by one or another mechanism is emphasized. A phenomenological approach is being developed to assess the complexity of various evolutionary mechanisms. Thus, measures are proposed to assess the complexity of the genetic, neural and communication mechanisms, which is an illustration of the Basic Law of Evolution proposed by the author.

The effect of this law is illustrated by examples of physical, genetic, neural and communication mechanisms. The character of the general temporal dynamics of an arbitrary evolutionary mechanism is established. It is concluded that any evolutionary mechanism has its own natural limit of complexity growth, due to its systemic arrangement.

Наукове видання

БІОНІКА ІНТЕЛЕКТУ
інформація, мова, інтелект

Науково-технічний журнал

№ 1 (88)

2017

В.о. головного редактора — *Г. Г. Четвериков*

Відповідальний редактор — *І. Д. Вечірська*

Комп'ютерна верстка — *О. Б. Ісаєва*

Рекомендовано Вченою Радою
Харківського національного університету радіоелектроніки
(протокол № 12 від 29.06.2017 р.)

Адреса редакції:

Україна, 61166, Харків-166, просп. Науки, 14,
Харківський національний університет радіоелектроніки, к. 127
тел. 702-14-77, факс 702-10-13,
e-mail: ira_se@list.ru

Підписано до друку 29.06.2017. Формат 60 x 84 1/8. Друк ризографічний.
Папір офсетний. Гарнітура Newton. Умов. друк. арк. 15,35. Обл.-вид. арк. 15,0.
Тираж 100 прим. Зам. № 0/00 від 00.00.2017 р.

Віддруковано в типографії ФОП Андреев К.В.
61166, Харків, вул. Серпова, 4
extraprint@mail.ru
тел. 063-993-62-73