

Роль памяти в субъективном времени сложных систем

Лушка П.О.

1. Универсальные свойства феномена информации

1.1. Подход к феномену информации

Обсуждения относительно природы информации и характеристик информационных феноменов продолжают с того момента, как эта концепция была интуитивно предложена в знаменитой работе К. Шеннона (Shannon, 1948). К настоящему моменту они привели к тому, что феномен информации стал рассматриваться как неопределяемое понятие полуфилософского характера (хотя было предложено более полутора сотен определений (Саригго, 1992)).

Однако феномен информации может и должен получить определение; исходя из условий построения этого определения в рамках действующей научной парадигмы, необходимо сделать предположение о материальной природе этого феномена (Winograd, Flores, 1986), как явления, реализуемого через некоторое вещество и/или поле и проявляющегося в первую очередь в различных сложных системах.

В случае, если подобная позиция принята, возникает возможность построения объективной теории информации (возможность создания такой теории обсуждается Бриером (Brier, 1992), Хофкиршнером (Hofkirchner, 1999) и др.)

Для более ясного понимания того, что представляет собой информация, необходимо описать разнообразие классов информационных систем, рассматриваемых традиционной теорией информации и кибернетикой. Предлагается следующая авторская классификация на основе различных источников (напр. (Pylyshyn, 1983), (Roszak, 1986)):

(1) искусственные технические системы, в т.ч. роботы-компьютерные устройства, технические средства коммуникации и коммуникационные сети с «технической» информацией;

(2) естественные биологические системы:

(2а) самовоспроизводящиеся биологические системы: живые организмы различной степени сложности (от вирусов до высших животных) с генетической памятью;

(2б) биологические организмы с центральной нервной системой (ЦНС);

(2с) популяции животных стадной, стайной и семейной организации – информация хранится в нейронных сетях ЦНС и мозга отдельных представителей популяции и в постоянно повторяемых цепях «демонстрация-наблюдение-демонстрация» (цепи социальных эстафет, как предложено в (Розов, 1997));

(3) естественно-искусственные социальные системы (социально-экономические, социо-культурные, и их подсистемы):

(3а) системы, содержащие генетически наследуемую социальную память индивидов данного биологического вида (*Homo sapiens*, различных видов общественных насекомых – муравьев, пчел и т.п., – и любых других видов с квази-социальной организацией);

(3б) индивидуальный социальный опыт – системы, формирующие, хранящие, использующие и воспроизводящие индивидуально приобретаемый опыт в процессе самообучения и взаимодействий индивида с окружающей социальной средой (к этой категории можно отнести большинство психологических феноменов как возникающих в процессе социального взаимодействия (Выготский, 1982);

(3с) системы, накапливающие, хранящие и использующие социально приобретаемый опыт (феномены этой категории – языки, знания, верования, технологии, традиции, нормы, произведения искусства и т.п., – представляют собой информацию, которой обладают отдельные члены сообщества, но которая имеет смысл только в рамках общества в целом);

(3д) искусственные технические системы социума, содержащие и использующие техническую информацию, а также информацию социально-культурных и социально-экономических систем (т.е. п.1, рассматриваемый как подсистема социума).

Перечисленные типы объектов и феноменов чрезвычайно различны как по своим физико-химическим свойствам, так и с точки зрения их организации и функционирования. Тем не менее, в них наблюдаются определенные универсальные структуры и процессы, позволяющие выделять их среди всего многообразия материальных систем как информационные. Соответственно, должен существовать и некоторый универсальный, инвариантный признак, благодаря которому кремниевый чип в компьютерной системе, серия химических реакций при репликации ДНК, безусловные рефлексы в поведении млекопитающих и процесс обучения студентов в университетах могут рассматриваться в качестве организованных по схожему принципу систем с информацией.

1.2. Ключевой инвариантный признак: память

Можно предположить, что признак, универсальный для всех перечисленных видов систем – наличие памяти¹. Системы первой группы (технические) обладают искусственно созданной встроенной и изменяемой памятью того или иного вида. Системы второй группы (биологические) обладают врожденной генетической памятью, локализованной в сложных органических молекулах, и индивидуальной приобретаемой памятью, обычно локализованной в различного рода нервных системах. Системы третьей группы (социальные) обладают, помимо генетической и индивидуальной, также и социальной (групповой) памятью, локализованной в «сверхорганизмах» или в социумах (носителями этого типа памяти являются индивидуальные особи, члены социума) (Toffler, 1980), (Luksha, 2001)². Соответствие типов информационных систем и видов памяти приведено в табл. 1.

Таблица 1

**Соответствие типов основных информационных систем
и типов памяти**

<i>№</i>	<i>Тип систем</i>	<i>Типы памяти</i>
1	технические	– постоянные и оперативные запоминающие устройства (и квази-ЗУ технических устройств)
2	биологические	– врожденная генетическая память – центральная нервная система
3	социальные	– генетическая память социума – индивидуальная память – социальная память в индивидуальных памятях и технических устройствах

Интуитивно представляется разумным следующее обобщение: не существует ни одной системы, в которой присутствует информация и происходят информационные процессы и которая вместе с тем не обладает памятью. Справедливо и обратное: нет систем, обладающих памятью, в которых нельзя было бы фиксировать наличие информации (так как память – как минимум, локус системы, где хранится информация) и информационных процессов. Вместе с тем, ясно, что класс систем с памятью шире перечисленного выше списка трех основных типов информационных систем (в качестве примера можно привести явление «памяти металлов»), поэтому в принципе исследование информацион-

¹ Тезис «память как универсальное свойство организованной материи» был впервые предложен в 1870 г. немецким физиологом и философом Э. Герингом.

² См. также (Колеватов, 1984), (Платонов, 1975). Аналогичная концепция рассматривается в меметике (Dawkins, 1989).

ных феноменов может быть закономерно расширено за рамки традиционной области исследования .

Подробное изложение подхода к информационным системам как системам с памятью было представлено в работах автора (Luksha, Plekhanov, 2003), (Luksha, Plekhanov, 2004).

2. Понятие об информационно-кибернетических системах

2.1. Формальное описание функций памяти в ИКС

Являясь материальной, любая комплексная информационная система вовлечена в непрерывные взаимодействия с окружающей ее средой. Эти взаимодействия по определению являются разнообразными (т.е. существует более одного состояния) и регулярно воспроизводятся (см. анализ кибернетических систем У.Р. Эшби (Ashby, 1964)).

Определим память в общем случае как феномен, предполагающий, что структура и организация одной системы некоторым образом отображаются структурой и организацией другой системы, какое-то время сохраняются в ней и используются во взаимодействиях между системами. В первом аспекте основной функцией памяти является отображение, а во втором – регуляция. Такое определение представляется нам обобщающим существующие концепции природы памяти, в общем случае представляющей собой феномен отображения системой окружающей ее физической реальности (Гришкин, 1973). Следуя данному универсальному определению, память может быть идентифицирована и в зеркалах (отражающая амальгамная поверхность является предельно краткосрочным запоминающим устройством), и в хромосомах (отображающих структуру и функции отдельных клеток и организма в целом), и в центральной нервной системе (отображающей накопленный опыт организма в его взаимодействиях с окружающей средой), и в блоках памяти компьютера (отображающей внутреннюю организацию компьютера и его функциональные взаимодействия с устройствами ввода-вывода), и во множестве других объектов³.

Память может быть физически локализована в системе, если определенная часть этой системы осуществляет функции памяти. В этом случае можно описать память как устройство (или физический объект), структура и организация которого являются отображением определенной части окружающей систему среды в ее взаимодействиях с данной системой (поскольку любые материальные объекты должны провзаим-

³ Память как ключевое свойство разума рассматривается в работе А. Бергсона «Материя и память» (Бергсон, 1999)

модействовать, прежде чем в каждом из них будет создано какое-либо отображение друг друга).

Память в ее функции отображения может быть рассмотрена как процесс (процесс запоминания, использования и возможного «стирания» содержания) и как результат (хранение воспоминаний, которые далее могут быть использованы системой). Поэтому, с одной стороны, память хранит «отображения реальности»; с другой стороны, память содержит «инструкции», которые регулируют взаимодействия системы с окружающей ее средой. Этот подход интуитивно разделяют исследователи искусственного интеллекта, биологи, социологи и другие. Напр., ДНК хранит генетическую информацию об организме, но одновременно содержит инструкции, кодирующие различные функции организма (Yockey, 1992). В нервных системах живых организмов память выполняет роль «когнитивного аттрактора» (cognitive eigen values), который одновременно является когнитивной картой реальности и предписанием относительно связанных с ней видов деятельности (von Foerster, 1984). Аналогично, социальная память выполняет описательную и предписательную функцию для общества (Заславская, Рывкина, 1991). Память, следовательно, может быть только внутренним компонентом системы: напр. книга или фотография – это не память, а то, что заставляет память работать.

2.2. Понятие о ЗАФ

В окружающей среде системы с памятью можно выделить некоторые объекты и связи (их стороны и составные части), с которыми система взаимодействует на регулярной основе. Эти объекты и связи так или иначе оказываются включенными в цикл функционирования системы с памятью. Тогда структуру и организацию памяти можно однозначно поставить в соответствие множеству объектов и связей, с которыми система регулярно взаимодействует.

Множество сторон и составных частей тех объектов и связей окружающей среды, с которыми система взаимодействует на *регулярной* основе и которые отображаются памятью системы, назовем зоной адаптивного функционирования системы (ЗАФ). ЗАФ системы и ее память взаимно определяют друг друга, и могут существовать только как единое целое (соответствуя друг другу как ключ и замок). Не может существовать памяти без ЗАФ – напр. организм не может существовать без экониши. Аналогично, не может существовать ЗАФ без памяти – напр. часть физического мира становится эконишей только в том случае, если там живет некоторая популяция.

Концепции аналогичного содержания присутствуют в экобиологии (единство организма и его экониши у фон Юкселя (von Uexküll,

1982)) или в психологии (теория поля К. Левина (Lewin, 1950), или экопсихология, напр. (Lettvine et al., 1959).

Соответственно, каждый элемент ЗАФ имеет значимость для данной системы в цикле ее функционирования, а потому не просто является объектом окружающей среды, а как бы содержит предписания по тому, как его использовать. Напр. топор содержит программу рубки (его рукоять позволяет взять его только определенным образом и выполнять ограниченный набор движений (Winston, Binford, Katz, & Lowry, 1983)). Определенные стимулы вызывают безусловный рефлекс, а определенные молекулы провоцируют деятельность ферментов. Теория восприятия Гибсона (Гибсон, 1998) предполагает, что объекты окружающего мира представлены в восприятии как «эффордансы», взаимодействия между биологической системой и ее средой.

2.3. Информационные процессы и информационно-кибернетические системы

Соответственно, информационными можно назвать прежде всего все те процессы, в которых в явном виде (т.е. в доступных наблюдению и измерению формах) через взаимодействия с окружающей средой (точнее, с ЗАФ) проявляется содержание памяти системы. В случае дискретных систем (робото-компьютерные устройства и дискретное представление живых/социальных систем), в каждом конкретном взаимодействии участвуют определенные структурно/функционально единые объекты (элементы) ЗАФ и структурно/функционально единые блоки (элементы) памяти. Элементарная единица информации – это отношение и взаимодействие между элементом памяти и элементом ЗАФ⁴.

В динамическом аспекте взаимодействие между памятью и ЗАФ представляет собой элементарный цикл функционирования системы. Каждое такое взаимодействие представляет собой взаимное изменение взаимодействующих частей: памяти и ЗАФ. Изменение окружающей среды в процессе взаимодействия с памятью представляет собой процесс регуляции, тогда как изменение памяти представляет собой процесс идентификации или отображения.

⁴ Выражение «элемент ЗАФ» в данном случае обозначает не конкретный, а любой произвольный экземпляр из множества данного типа элементов ЗАФ. Разумеется, в каждом конкретном информационном взаимодействии участвуют конкретный экземпляр элемента ЗУ и конкретный экземпляр объекта или связи в окружающей среде (данная молекула, данный производственный инструмент). Однако в принципе для информационного отношения / взаимодействия нет различий между отдельными экземплярами элементов ЗАФ и ЗУ одинакового типа.

Системы, в которых реализуется информация, предлагается называть информационно-кибернетическими (ИКС), подчеркивая двойственную природу информации в этих системах. ИКС (или сложные информационные системы) могут существовать только как единство памяти и ЗАФ, часто – только как «суперпозиция» нескольких компонентов, выполняющих роль памяти, ЗАФ или, полифункционально, обоих компонентов. Генная информация существует только в комплексе «ДНК-РНК-ферменты»; информация в нервной системе существует как взаимодействие между ее составляющими частями (ЦНС и периферийная система, зоны мозга и т.п.); социальная информация существует как взаимодействие «духовной культуры», человеческой деятельности и «материальной культуры» (Лукша, Плеханов, 2003).

2.4. Динамика информационно-кибернетических систем

Информационно-кибернетическая система может быть описана как динамическая система, функционирующая в рамках определенного набора состояний (взаимодействий между памятью и ЗАФ). Эти состояния регулярно воспроизводятся, копируются в определенных (как правило, не произвольных) последовательностях, образуя цикл функционирования ИКС (макроцикл).

Регулирование (как аспект функционирования информационно-кибернетической системы) имплицитно предполагает существование «цели» этого регулирования. Поэтому в понятие ИКС необходимо ввести критерий существования конечного «целевого» состояния или направленности ее функционирования в гиперцикле: определенное конечное состояние системы (в т.ч. «активных элементов» памяти) и определенное конечное состояние ее ЗАФ. Для естественных систем (биологических и социальных) конечное состояние макроцикла одновременно является начальным состоянием нового макроцикла, поскольку они существуют в непрерывном цикле самосохранения и самовоспроизводства.

Следовательно, макроцикл информационно-кибернетической системы не является произвольным набором информации-программ в произвольной последовательности, он представляет собой квазицеленаправленный процесс. Поэтому можно утверждать, что в гиперцикле всегда должны реализовываться определенные обязательные (неисключаемые) последовательности информации-программ. Особенно ярко необходимость упорядоченности проявляется в тех случаях, когда результат одного информационного взаимодействия используется в другом взаимодействии, например, при последовательной обработке некоторого изделия промышленным роботом, или при ритуализиро-

ванном поведении различных социальных животных (включая человека).

Если макроцикл направлен, то в нем естественным образом возникают неслучайные упорядоченные последовательности информационных взаимодействий. Потенциал образования таких комбинаций обусловлен двумя возможными факторами: (1) каждое последующее взаимодействие может использовать в качестве элемента ЗАФ результат предыдущего взаимодействия (как, например, в технологических циклах), и (2) в ЗАФ наблюдаются устойчивые временные последовательности появления элементов (напр. циклы в окружающей среде: день/ночь, зима/лето и т.п.). Предельным случаем, когда упорядоченные последовательности информации-программ сведены в одну единственную последовательность, является линейный детерминированный макроцикл.

В большинстве случаев макроцикл ИКС может быть разделен на несколько субциклов (или мезоциклов). Каждый из этих субциклов неделим относительно некоторого типа целенаправленного функционирования. В свою очередь, каждый субцикл может быть декомпозирован как комбинация субциклов более низкого уровня. Мезоцикл максимальной длины эквивалентен макроциклу; мезоцикл минимальной длины эквивалентен микроциклу или элементарному циклу функционирования – т.е. одному взаимодействию между элементом ЗАФ и элементом памяти (далее не декомпозируемому на данном уровне абстракции).

Типология циклов функционирования ИКС представлена в табл.2.

Таблица 2

Типология циклов функционирования ИКС

<i>Тип цикла</i>	<i>Организация</i>	<i>Свойства</i>
элементарный цикл функционирования (микроцикл)	единственное взаимодействие памяти и ЗАФ	не может быть декомпозирован далее на данном уровне абстракции
субцикл (мезоцикл)	определенная последовательность взаимодействий	имеет цель; может быть декомпозирован на мезо- и микро-циклы
цикл функционирования ИКС (макроцикл)	(воспроизводимый) цикл с целевым конечным состоянием и полным разнообразием информационных взаимодействий	может быть декомпозирован на мезо- и микроциклы; воспроизводится в самовоспроизводящихся и самосохраняющихся системах

3. Пространственно-временные свойства информационно-кибернетических систем

3.1. Формальная динамическая модель ИКС

Состояние информационно-кибернетической системы S может быть описано как

$$S = (M, E) \quad (1)$$

где M – переменные, характеризующие «внутреннее» состояние системы, E – переменные, характеризующие состояние ее окружающей среды (ЗАФ).

При этом

$$E \subset E \quad (1.2)$$

$$M \subset M \quad (1.3)$$

где E – область допустимых значений (состояний) ЗАФ, M – область допустимых значений (состояний) памяти. Исходя из изложенного выше, можно сказать, что

$$E = U(M) \quad (2)$$

т.е. M определяет в некотором «универсальном» множестве объектов окружающей среды подмножество возможных (идентифицируемых и трансформируемых) объектов зоны адаптивного функционирования E .

Например, для дискретной модели состояние ЗАФ может быть описано как вектор E_n , размерности n , где $e_i \in N$ – i -й член вектора, соответствующий количеству элементов ЗАФ i -го типа. Состояние памяти может быть описано как скаляр $M \in 1 \dots n$, соответствующий одному из n состояний. Тогда множество E описывается как N^n , а M – как набор чисел $(1, 2, \dots, n)$. Вариантом выражения (2) будет, напр., что набор чисел M определяет в пространстве бесконечномерных натуральных векторов $U = N^\infty$ подпространство n -мерных натуральных векторов $E = N^n$.

Динамика информационно-кибернетической системы может быть описана как трансформация

$$T: S \rightarrow S \quad (3)$$

Трансформация (3) может носить непрерывный или дискретный характер, а также может быть детерминированной или вероятностной.

Соответственно, трансформация

$$T: M \times E \rightarrow M \times E \quad (4)$$

описывает все множество траекторий, возможных для данного множества элементов памяти M и множества элементов ЗАФ E .

Частным случаем описываемой формальной модели информационно-кибернетической системы является автомат Тьюринга и производные от него (напр. самовоспроизводящийся автомат фон Неймана) – в том случае, когда трансформация носит детерминированный дискретный характер. Модели нелинейной динамики могут являться частным случаем модели, когда трансформация носит детерминированный непрерывный характер.

Поскольку динамика ИКС предполагает воспроизводимость состояний, то в детерминированном случае множества траекторий T будут представлять собой аттракторы одного из следующих типов:

- (1) фокус (прекращение трансформаций в определенном «поглощающем» состоянии),
- (2) цикл (точное воспроизводство определенной последовательности трансформаций и соответствующих результирующих состояний),
- (3) «странный аттрактор» (динамика носит хаотический характер в пределах допустимых состояний).

Изначальное состояние ИКС S_0 определяет в множестве траекторий системы T актуальное подмножество траекторий (или единственную траекторию, в детерминированном случае) T_{S_0} . Траектория (множество траекторий) T_{S_0} определяет во множестве потенциальных состояний ЗАФ E актуальное подмножество E_{S_0} , которое будет наблюдаться при «прохождении» траектории.

3.2. Пространственные характеристики ИКС

Пространство сложной информационной системы не эквивалентно физическому пространству системы, поскольку система существует только в том пространстве, которое она способна «воспринимать» (идентифицировать) и «изменять» (преобразовать). Соответственно, пространство ИКС есть зона адаптивного ее функционирования.

Можно осуществить следующую типологизацию пространств-ЗАФ информационно-кибернетической системы. Актуальное пространство ИКС – это текущее состояние ЗАФ E , существующее по результатам предшествующего взаимодействия и порождающее следующее информационное взаимодействие памяти и ЗАФ. Это пространство существует как частное «проявление» потенциального пространства ИКС – потенциальной ЗАФ E . Однако более операционным представляется понятие потенциально достижимого пространства – потенциально достижимой в состоянии S_0 ЗАФ E_{S_0} , т.е. ЗАФ в множестве динамических траекторий при текущем состоянии системы.

Можно привести простой пример разделения этих трех понятий: Например, наблюдатель находится в комнате; его окружают какие-то предметы, за окном он видит часть улицы, внутри его тела идут какие-то процессы – это текущее состояние его зоны адаптивного функционирования E . Пространств, выходящих за пределы E , в этот момент как бы не существует (т.е. они существуют потенциально). Как представитель вида *Homo sapiens*, имеющего довольно обширную эконишу, наблюдатель мог бы оказаться везде, куда уже сумел добраться человек, т.е. практически на любом участке планеты Земля и в ближнем космосе – это состояние E (напр. другие звезды и даже планеты пока не входят в E , поскольку не существует способа добраться до них). Но, поскольку наблюдатель может иметь ограничения по здоровью, доступным денежным средствам и т.п., то его потенциально достижимое пространство E_{s_0} будет меньше потенциального пространства: скорее всего, он не сможет подняться на Эверест, полететь в космос, опуститься в Марианскую впадину и пр.

Очевидно, что субъективное пространство сложных систем не эквивалентно их «абсолютному» физическому пространству. Физическое пространство длится, выходит за пределы сложных систем, тогда как субъективное пространство ИКС «расплывчато обрывается» там, где заканчивается ЗАФ ИКС.

Таким образом, пространство сложных систем может быть понято только как зона их адаптивного функционирования. Впервые это видение можно встретить в работах уже упомянутого Я. Юкселя (von Uexküll, 1957), для которого пространство сложных систем (Юксель писал о живых системах) ограничивается их *Umwelt*, «собственным миром». В каком-то смысле, поскольку *Umwelt* (или, более широко, ЗАФ – поскольку понятие изложенной теории включает не только живые системы) не только «воспринимается», но и «преобразуется», создается, то ИКС оказывается творцом собственного пространства.

Исходя из изложенной концепции, пространство ИКС определяется содержанием памяти и проявляется в цикле функционирования ИКС. Если потенциальное пространство однозначно определяется содержанием памяти системы, то актуальное и потенциальное пространство будут также определяться «текущим положением», комбинацией памяти и ЗАФ системы.

3.3. Временные характеристики ИКС

Каким образом реализуется субъективное время в информационно-кибернетической системе?

Очевидно, что два момента времени системы могут быть различены в том случае, если произошло изменение (появилось различие между

состояниями). Изменение состояния S ИКС – это изменение множества переменных M и множества переменных E , т.е. изменение состояния памяти и ЗАФ.

Трансформации, связанные с изменением ЗАФ могут быть описаны на примере вектора количества объектов E_n . Если Δe_i характеризует количественное изменение i -го компонента вектора E_n , то могут быть рассмотрены, например, следующие типы трансформаций:

(1) появление нового объекта в ЗАФ (напр. обнаружение его системой): $\Delta e_i = +1, \Delta e_j = 0$ ($j=1\dots n, j \neq i$)

(2) исчезновение объекта из ЗАФ: $\Delta e_i = -1, \Delta e_j = 0$ ($j=1\dots n, j \neq i$)

(3) преобразование объекта в ЗАФ: $\Delta e_i = +1, \Delta e_k = -1, \Delta e_j = 0$ ($j=1\dots n, j \neq i, j \neq k$)

Однако возможны также ситуации, при которых объекты ЗАФ не претерпевают очевидных трансформаций, однако состояние ИКС изменяется – например, в случае «чистой идентификации». В этом случае наличие «смены временных моментов» может быть зафиксировано только в том случае, когда есть непосредственные данные об изменении состояний памяти («внутреннего состояния») ИКС.

Типологизация временных характеристик ИКС может быть осуществлена аналогична типам пространственных характеристик. Актуальное время системы – это переход, разовая смена состояний информационно кибернетической системы $S \rightarrow S$; оно соответствует актуальному пространству (актуальной ЗАФ) системы и текущему состоянию ее памяти. Потенциальное время системы – это разнообразие ее динамических траекторий T ; оно будет соответствовать потенциальному пространству системы (реализовываться в этом пространстве). Потенциально осуществимое время системы T_{s_0} будет определяться текущим состоянием системы S_0 и реализовываться в потенциально достижимом пространстве E_{s_0} (очевидно, что T_{s_0} будет иметь меньшее разнообразие по сравнению с T).

Продолжая пример с наблюдателем в комнате, можно описать его субъективное время. Актуальное время T будет определяться биологическими ритмами наблюдателя и ритмами его психики (напр. человек не способен воспринимать изменения, если их частота не превышает 50 миллисекунд (Varela et al., 1991)). Его потенциальное время T – это все возможные траектории его жизни с момента рождения до момента смерти (при этом момент смерти есть остановка и полное прекращение субъективного времени). Однако текущее положение человека (в т.ч. его положение в социальной системе) будет ограничивать его осуществимое время T_{s_0} – то, что можно назвать «спектром судеб» (причем, чем

дольше существует индивид, тем меньше степеней свободы он имеет, тем более ограничено его осуществимое время).

Подобное видение мы впервые находим у А. Бергсона, который писал, что время и пространство порождаются свойствами человеческой психики (Бергсон, 1992). Позднее аналогичный подход, уже универсализированный для всей живой материи, можно найти у В. Вернадского (Вернадский, 1980). В соответствии с изложенным подходом, человеческая психика и живые организмы являются классами информационно-кибернетических систем (к которым можно отнести также, напр. социальные системы и сложные технические устройства).

Соответственно, свойства и текущее состояние памяти и зоны адаптивного функционирования оказываются факторами, определяющими временные (и пространственные) характеристики сложной системы.

Если память системы претерпевает изменения (перепрограммирование компьютера, генетическая мутация, появление новых знаний или новых образцов поведения), то меняются и пространственно-временные характеристики системы. Например, время т.н. «традиционных» сообществ (первобытных племен, «законсервировавшихся» в условиях благоприятной экониши, напр. племена индейцев Амазонки) обладает свойствами цикличности, а их пространство замкнуто. Цивилизация Европы, сделавшая постоянный прогресс одной из основных своих ценностей, реализовала ациклическое время, а ее постоянная территориальная экспансия означает незамкнутость и постоянное расширение ее субъективного пространства. Аналогичным образом, генетическая мутация приводит к возникновению новых микро- и макроорганизмов, а значит – порождает эволюцию и биологическую «стрелу времени». Таким образом, изменения памяти служат ключом к «развертыванию» времени, его трансформации из «кольца» в «спираль» (в терминах типологии субъективного времени, излагаемой в следующем разделе).

3.4. Типология субъективного времени ИКС

Субъективное время ИКС Т проявляется в цикле функционирования ИКС через взаимодействия памяти и ЗАФ и результирующего изменения их состояний. Соответственно, в зависимости от типа цикла функционирования характеристики субъективного времени системы будут различаться.

Например, для автомата Тьюринга (состоящего из ленты с символами и активной читающей/пишущей головки с двигателем) в каждый такт субъективного времени может произойти одно из следующих событий: (а) чтение символа головкой, (б) стирание символа головкой, (в) запись символа головкой, (г) перемещение головки относительно

ленты. Поскольку у исследователя есть полное описание состояний автомата, то осуществление чистой идентификации (чтение, п. «а») может быть идентифицировано им как смена моментов субъективного времени автомата. Время в автомате начинается, когда автомат начинает осуществлять взаимодействия с лентой. Когда автомат достигает конечного состояния преобразований (некоторого поглощающего состояния) и прекращает операции, не существует дальнейшей возможности различать внутренние такты системы, т.е. время в системе прекращается. Таким образом, динамическая траектория T_{s_0} (или ток времени) автомата оказывается полностью определена содержанием инструкций на ленте и правилами функционирования автомата, т.е. набором $S_0 \subset M \times E$. Такой ток времени можно уподобить прогулке по лестнице с конечным количеством шагов, т.е. это время-«лесенка».

Аналогичным образом, в компьютере архитектуры фон Неймана, построенном по образцу автомата Тьюринга-Поста, субъективное время течет только в тот момент, когда компьютер осуществляет вычисления. Хотя ток физического времени в компьютере как объекте материального мира (связанный с объективными и непрерывными изменениями на нижних уровнях организации материи) может быть непрерывным и не прекращаться никогда, субъективное время компьютера будет дискретным и конечным – в том случае, если в вычислениях отсутствует бесконечная цикличность.

Непрерывным аналогом системы такого рода мог бы быть абстрактный (точечный) «пешеход из точки А в точку Б» – любой физический объект точечной массы (поэтому не подверженный внутренним изменениям), начинающий движение в одной точке и прекращающийся в другой, напр. в центре гравитационного поля. После прекращения движения два состояния этой системы более не могут быть различены, ее субъективное время останавливается (время-«точка»).

Самовоспроизводящийся автомат фон Неймана представляет собой физическую реализацию автомата Тьюринга, собирающего свою копию на основе инструкции (von Neumann, Burks, 1966). Конечное состояние такого СВ-автомата – собранная копия в окружающей среде; после завершения цикла СВ-автомат немедленно приступает к сборке нового автомата. Функционирование такого автомата носит дискретный циклический характер (т.е. время-«барабан»).

Аналогом такого объекта в непрерывном времени может стать система, реализующая циклическую динамику с нулевым производством энтропии – т.е. «идеальный» двигатель Карно без внутреннего износа деталей (время-«круг»).

Наконец, системы, динамика которых носит хаотический характер (в рамках некоторого ограниченного набора или пространства допустимых состояний), обладают свойствами циклической системы (поскольку их характеристики колеблются в рамках некоторого диапазона, т.е. проходят одни и те же состояния – колебания температуры, освещенность и т.п.), но одновременно и линейной системы, поскольку не воспроизводят в точности прошлые состояния. Такие системы называются «странными аттракторами» [Малинецкий, Потапов, 2002], и их время – это время-«спираль».

Типология субъективного времени для систем с детерминированной динамикой представлена в табл. 3.

Таблица 3

Типология субъективного времени систем

Топографический образ	Тип аттрактора	Характер времени	
		непрерывное	дискретное
«точка»	поглощающее состояние = начальному состоянию	остановка времени = одно неизменное состояние	
«отрезок»	поглощающее состояние ≠ начальному состоянию	«пешеход из т. А в т. В» («фрагмент» времени классической физики)	«лесенка» (время автомата Тьюринга или компьютера)
«кольцо»	цикл	«круг» (время идеального двигателя Карно, точное воспроизводство прошлого)	«барабан» (время СВ-автомата фон Неймана или другого автомата с бесконечным циклом)
«спираль»	«странный аттрактор»	непрерывные «странные аттракторы», напр. аттрактор Лоренца	дискретные «странные аттракторы», напр. аттрактор Хеннона

Аналогичная типология может быть сформирована и для вероятно описываемые дискретных / непрерывных динамических систем (к которым, по всей видимости, стоит отнести все комплексные биологические и социальные системы). В таких системах возникновение поглощающего состояния или циклов носит вероятностный характер – следовательно, разнообразие видов времени может быть описано вероятно. Наиболее характерным видом времени, по всей видимости, будет «хаотическое время», в котором развертывание актуального времени описывается марковским процессом.

Таким образом, в рамках теории информационно-кибернетических систем появляется возможность описать и типологизировать субъективное время сложных систем. Становятся ясны слова основателя кибернетики Н. Винера о том, что «современный автомат существует в том же бергсоновском времени, что и живой организм». Одновременно мы можем и скорректировать Винера – субъективное время живых организмов будет отличаться от субъективного времени автомата, в силу дискретной природы (à la машина Тьюринга) последнего.

3.5. Уровни субъективного времени

Впервые мысль о различных уровнях существования времени была предложена в работе Дж. Т. Фрезера (Fraser, 1982), выделявшего шесть уровней существования времени, соответствующих шести «мирам» или уровням существования материи: квантовое, молекулярное, термодинамическое, биологическое, психическое и социальное. Автор не определяет механизма трансляции темпоральности, т.е. разные виды времени оказываются независимыми друг от друга (Аксенов, 2001), С.285.

Понятие о видах времени и связях между ними могут быть уточнены в рамках изложенной концепции. Наиболее удачным объектом для иллюстрации автору представляются живые системы, поскольку представление об разных уровнях организации живой материи достаточно традиционно для биологических наук.

Можно назвать целый ряд классификаций структурных уровней жизни, напр. (Chandler, 2000). Согласно принятой в отечественной науке классификации, четырема наиболее значимыми уровнями организации жизни являются: (1) молекулярно-генетический (проявляемый на уровне отдельной живой клетки), (2) онтогенетический (проявляемый на уровне отдельного организма), (3) популяционно-биоценотический и (4) биосферный (Крестьянский, 1969).

Соответственно, для каждого из этих уровней структурной организации могут быть определены, в самом общем виде, такт времени T , потенциальное время T и потенциально осуществимое время T_{so} (см. табл. 4).

Таблица 4

Типы и уровни времени для живой материи

	<i>такт времени T</i>	<i>потенциальное время T</i>	<i>потенциально осуществимое время T_{so}</i>
отдельная живая клетка	взаимодействие макромолекул (Аксенов, 2001)	цикл развития и деления клетки	время до завершения цикла развития и деления

	<i>такт времени T</i>	<i>потенциальное время T</i>	<i>потенциально осуществимое время T_{сп}</i>
ткань тела или организм	деление клетки (Вернадский, 1994)	цикл существования организма (онтогенез)	время до завершения цикла оттогенеза
популяция организмов	жизнь отдельного организма (онтогенез)	цикл существования популяции (филогенез)	время до конца цикла филогенеза
биосфера	появление / исчезновение филы (Fraser, 1982)	потенциальное время существования живой материи	потенциальное время существования живой материи с определенного момента ее бытия

Как это видно из приведенной таблицы, время структурных уровней живой материи оказывается связано между собой тем же отношением, что и сами структурные уровни. Точно так же, как объекты более низкого уровня организации оказываются элементарными структурными единицами более высокого уровня, потенциальное время T более низкого уровня организации является тактом времени T более высокого уровня: напр., цикл деления клетки оказывается потенциальным временем на молекулярно-генетическом уровне и тактом времени на оттогенетическом уровне.

Уровень описания системы (свойства ее модели) определяет характеристики субъективного времени этой системы. Именно поэтому в литературе можно найти разные концепции биологического времени (напр. концепции Фрезера, Вернадского и Аксенова), и аналогично – социального времени. Но вместе с тем, поскольку уровни структурной организации характеризуют некоторые объективные свойства материальных систем, то типология субъективного времени для соответствующих сложных систем также имеет объективную основу.

4. Заключение

Представленный авторский подход к информационно-кибернетическим системам позволяет сформулировать основные свойства субъективного пространства и времени сложных систем. Могут быть введены понятия актуального пространства, потенциального и потенциально достижимого пространства, неэквивалентные физическому пространству (являющиеся его подпространством). Аналогичным образом, могут быть введены понятия о временном такте (актуальном моменте времени), потенциальном и потенциально реализуемом времени.

Время сложных информационных систем будет всегда обладать тем или иным видом ограниченности (а также, как правило, будет иметь некоторые циклические характеристики). Исходя из формальной модели информационно-кибернетических систем, может быть проведена типологизация видов субъективного времени ИКС (для детерминированной динамики идентифицировано семь типов субъективного времени). Кроме того, допустимо говорить о прекращении субъективного тока времени сложных информационных систем (или о состоянии «время-точка»), хотя физическое время этих систем не никогда останавливается.

Однако можно поставить вопрос и о том, актуально ли мыслить о физическом пространстве и времени вне субъективного времени сложных систем. Поскольку наблюдатель сам является сложной информационной системой, его субъективное пространство и время будут обладать описанными свойствами. Относительно того, что происходит за границами субъективного пространства, и относительно динамики событий, не совпадающих с субъективным временем наблюдателя. Реальностью является не абстрактное, не зависимое от наблюдателя пространство и время (сконструированное классической физикой), а время самого наблюдателя.

Нахождение соотношений между «абстрактным» физическим временем и субъективным временем человеческого индивида позволит не только разрешить противоречия между сциентистскими и антисциентистскими концепциями времени (напр. (Казарян, 1980)), но и установить связь между динамикой информационных систем (динамика жизни, динамика психики и т.п.) и физическими процессами в их основе.

Использованная литература

1. Аксенов Г. (2001) *Причина времени*. М.: УРСС
2. Бергсон А. (1999) *Творческая эволюция*. Материя и память. Минск: Харвест
3. Бергсон А. (1992) *Опыт о непосредственных данных сознания*. / Собр. соч. в 4 т., Т.1. М.
4. Вернадский В. (1980) *О коренном материально-энергетическом отличии живых и косных естественных тел биосферы*. / Проблемы биогеохимии. Труды Биогеохимической лаборатории. Т. XVI, СС.55-84. М.
5. Вернадский В. (1994) *Живое вещество и биосфера*. М.
6. Выготский Л. (1982) *Мышление и речь*. / Собр. соч. в 6 т. М.: Наука
7. Гибсон Дж. (1998) *Экологический подход к зрительному восприятию*. Благовещенск
8. Гришкин И. (1973) *Понятие информации: логико-методологический аспект*. М.: Наука

9. Заславская Т., Рывкина Р. (1991) *Социология экономической жизни*. М.: Наука
10. Казарян В.П. (1980) Понятие времени в структуре научного знания. М.: Издательство МГУ
11. Колеватов В. (1984) Социальная память и познание. М.: Мысль
12. Кремянский В. (1969) Структурные уровни живой материи. М.: Наука
13. Лукша П., Плеханов А. (2003) *Социум как самовоспроизводящая система*. Неопубликованный текст
14. Малинецкий Г., Потапов А. (2002) Современные проблемы нелинейной динамики. М.: УРСС
15. Платонов К. (ред.) (1975) *Коллектив и личность*. М.: Наука
16. Пригожин И., Стенгерс И. (1994) *Время, хаос, квант*. М.: Прогресс
17. Розов М. (1997) *Теория социальных эстафет и проблемы анализа знаний*. / Теория социальных эстафет: история, идеи и перспективы. Стр. 3-27. Новосибирск: НГУ
18. Ashby W. (1964) *Introduction to Cybernetics*. Methuen, London
19. Brier S. (1992) Information and consciousness: a critique of the mechanistic concept of information. *Cybernetics & Human Knowing*, Vol.1, no.2/3, pp. 71-94
20. Capurro R. (1992) *What is information science for? A philosophical reflection*. In: Vakkari P., Cronin B. (eds.) *Conceptions of Library and Information Science. Historical, empirical and theoretical perspectives*, pp. 82-98. Taylor Graham, London
21. Chandler J. (2000) NYAS, vol. 901, 75-85
22. Dawkins R. (1989) *Selfish gene*. Oxford University Press.
23. Fraser J.T. (1982) *Genesis and Evolution of Time*. Brighton: The Harvester Press
24. Hofkirchner W. (ed.) (1999) *The Quest for a Unified Theory of Information*. Proceedings of the Second International Conference on the Foundations of Information Science, Gordon and Breach Publ. pp. 9-30.
25. Lettvin J., Maturana H., McCulloch W., Pitts W. (1959) *What the frog's eye tells the frog's brain*. Proc. of the Institute of Radio Engineers, 47:1940-1951
26. Lewin K. (1950) *Field theory in social sciences*. Tavistock Publications Ltd.
27. Luksha P. (2001) *Society as a Self-Reproducing System*. *Journal of Sociocybernetics*, Vol.2, no.2, pp. 13-36.
28. Luksha P., Plekhanov A. (2003) *New Approach to The Concept of Information*. Proceedings of 47th International System Science Society Conference, 2003, Crete, Greece
29. Luksha P., Plekhanov A. (2004) *Memory and SAFE: Approach to Information Processes*. Предполагается к публикации в *Triple-C Journal*, Vienna Technological University Publications
30. Pylyshyn Z.W. (1983) *Information science, its roots and relations as viewed from the perspective of cognitive science*. In: Machlup, F., Mansfield, U. (eds.), *The study of information: Interdisciplinary Messages (63-80)*, John Wiley & Sons, NY.
31. Roszak T. (1986) *The Cult of Information*. Pantheon, NY.
32. Shannon C. (1948) *A mathematical theory of communication*. Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948.

33. Toffler A. (1980) *The Third Wave*. William Morrow, NY
- Uexküll J. von (1957) *A stroll through the worlds of animals and men. A picture book of invisible worlds*. In C. H. Schiller (Ed.), *Instinctive Behavior. The Development of a Modern Concept* (pp. 5-80) New York: International Universities Press
34. Uexküll J. von (1982) *The Theory of Meaning*. *Semiotica* 42(1), 25-82.
35. Varela F., Thompson E., Rosch E. (1991) *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. MIT Press
36. von Foerster H. (1984) *Observing systems*. Intersystems Publications, CA
37. von Neumann J., Burks A. (1966) *Theory of Self-Reproducing Automata*. Univ. of Illinois Press.
38. Winograd T., Flores F. (1986) *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*. New Jersey, NJ
39. Winston P.H., Binford T.O., Katz B., & Lowry M. (1983) *Learning physical descriptions from functional definitions, examples, and precedents*. Proceedings of the National Conference on Artificial Intelligence, pp. 433-439 Austin, TX.
40. Yockey H. (1992) *Information theory and molecular biology*. Cambridge Univ. Press