

Семантическое информационное взаимодействие на основе алгоритмов динамического хаоса

Ю.П. Шанкин

Как отмечается в [1], в настоящее время все более широкое признание получает точка зрения, согласно которой мозг человека представляет собой именно аналоговое обучающееся устройство. При этом необходимые операции с семантическими структурами осуществляются аналоговым образом как некоторые динамические процессы в сложной распределенной нелинейной системе. Результаты изучения динамических систем, находящихся в состоянии детерминированного хаотического поведения, позволяют по новому взглянуть на ранее сложившиеся устойчивые представления и понятия в области эпистемологии и когнитивной психологии. Так, например, по словам Хакена [2], упорядоченные состояния на микроуровне мозга воспринимаются как структурная и семантическая информация на макроуровне человеческого сознания. С этим переключается определение гештальта как "хорошо определенного когерентного фазового коллективного состояния", данное в трудах шестой ежегодной конференции SCTPLS (Society for Chaos Theory in Psychology and Life Science; подробнее см. в Интернете : <http://www.vanderbilt.edu/Ans/psychology/cogni/Abstracts96.html>).

В работе Ф. Абрахэма [3] утверждается, что архетипы являются "странными аттракторами человеческой психики", и это сопрягается с ранними работами Юнга, а также с воззрениями гностиков.

Как известно [4], информационно-насыщенные символические последовательности могут генерироваться неравновесными системами в состоянии хаотического аттрактора (символическая динамика), что, в свою очередь может рассматриваться в качестве "текста" из гиперсимволов, возникающих при соответствующем марковском разбиении множества

возможных состояний системы. Однако изучение возможности взаимодействия разнесенных хаотических систем долгое время сдерживалось из-за исключительной их чувствительности к точности задания параметров и к возможным возмущениям исходных данных. Причем, использование теоретико-вероятностного понятия информации для оценки содержательности неслучайных текстов (на синтаксическом уровне) имеет лишь то обоснование, что глобальная структура текста не может быть установлена по структуре её части (т.е. она непредсказуема). Никакой иной связи со случайными процессами здесь нет, а единственным обоснованием энтропийно-информационного подхода в этом случае является апелляция к структурной энтропии, или к энтропии Колмогорова-Синая, относящейся, фактически, к детерминированным системам, находящимся в режиме хаотического поведения.

Положение качественно изменилось после предложенного в [5] алгоритма синхронизации хаотических систем, основанного на декомпозиции исходной системы (например, системы нелинейных дифференциальных уравнений) с выделением из нее подсистемы, характеризующей отрицательными показателями Ляпунова (т.е. ограничивающими объём аттракторов в фазовом пространстве). Структурная схема синхронизации выглядит при этом следующим образом (рис. 1). Устойчивая часть одной системы (ведущий сигнал), находящейся в режиме хаотической динамики, транслируется по каналу связи на приемный конец, где находится подобная, но отличающаяся по параметрам и начальным данным другая система. На приемном конце принимаемый сигнал искусственно вводится как замещающий часть приемной системы, при этом отклик системы (ведомый сигнал) при определенных условиях образует вместе с транслируемым сигналом систему, синхронно входящую в режим хаотического поведения первичной (передающей) системы.

В качестве примера рассмотрим динамику разбегания (в фазовом пространстве) траекторий близких по структуре систем, описываемых отображением Хенона:

$$\begin{cases} x_{n+1} = a * x_n * (1 - x_n) + y_n \\ y_{n+1} = b * x_n \end{cases} \quad (1)$$

$$a = 3.7; b = 0.1; x_0 = 0.11; y_0 = 0.03; n = 0, 1, 2, \dots;$$

$$\begin{cases} u_{n+1} = c * u_n * (1 - u_n) + v_n \\ v_{n+1} = d * u_n \end{cases} \quad (2)$$

$c = 3.7; d = 0.05; u_0 = 0.1; n = 0, 1, 2, \dots$

На рисунке 2 пунктирной линией показано соответствующее расстояние (в фазовом пространстве) между системами (1) и (2), а сплошной линией - между системой (1) и модифицированной системой, получаемой при замещении ведущего сигнала второй системы на ведущий сигнал первой системы:

$$\begin{cases} \check{y}_{n+1} = c * x_{n+k} * (1 - x_{n+k}) + \check{y}_n \\ \check{v}_{n+1} = d * \check{y}_n \end{cases} \quad (3)$$

(число $k = 30$ введено для обеспечения выхода ведущего сигнала первой системы на устойчивый режим поведения). Как видно из рисунка 2, разбегания фазовых траекторий систем не происходит в случае замещения части приемной системы ведущим сигналом от передающей системы.

Для перехода к рассмотрению семантических аспектов информации воспользуемся предложенным Г. Фреге [6] в конце прошлого века понятием семантического треугольника (рис. 3), включающего имя (знак), денотат (предмет имени) и смысл, вкладываемый в данный знак относительно данного денотата. С целью описания семантического взаимодействия разнесенных корреспондентов введем новое понятие - двойной семантический треугольник, как совокупность двух треугольников Фреге, относящихся к различным субъектам. В этом случае физическим носителем "шенноновской" информации между субъектами являются последовательности знаков (соединяющие соответствующие вершины треугольников Фреге), а наличие некоторой общей для данных субъектов смысловой базы делает возможным согласованное представление о денотате у принимающего и передающего субъекта (рисунок 4).

Здесь уместно также вспомнить приводимое в ряде работ положение (например, в книге Дж. Николиса [7]), о том, что восприятие семантической информации происходит при согласовании внешнего раздражителя ("стимула") с внутренним "репертуаром" самой принимаемой системы.

При таком подходе обращает на себя внимание структурная близость рисунков (1) и (4), которая вряд ли является случайной с учётом отмеченной выше связи протекающих в мозге процессов (при работе с семантическими структурами) с динамикой нелинейных систем, находящихся в режиме детерминированного хаотического поведения.

Если принять данную гипотезу, то структурной схемой, общей для рисунков (1) и (4), можно воспользоваться для моделирования процес-

сов информационного взаимодействия корреспондентов на семантическом уровне.

В качестве примера рассмотрим достаточно экзотический для формализованного анализа процесс ассоциативного восприятия информации, или иначе, использования "эзоповского языка" при информационном обмене корреспондентов с близкой понятийной базой. Вновь используем рассмотренную выше схему взаимодействия динамических систем, находящихся в режиме хаотического поведения, описываемого отображениями Хенона (1) и (2). Предположим также, что как на приемном, так и на передающем концах присутствует более сложная, но структурно близкая к отображению Хенона система:

$$\begin{pmatrix} u_{n+1} \\ v_{n+1} \\ w_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a * u_n * (1 - u_n) + v_n \\ b * u_n + w_n \\ -c * u_n \end{pmatrix} \quad (4)$$

с незначительно различающимися на приемном и передающем концах значениями параметров (a, b, c) и начальных данных (u_0, v_0, w_0) . Аттрактор системы (4) является топологически более "богатым" по сравнению с аттрактором для отображения Хенона, что может быть интерпретировано (с учетом принятой выше гипотезы) как способность к восприятию более содержательной семантической информации. Характерные виды аттракторов для отображения Хенона и для систем, описываемых отображениями типа (4) приведены на рисунках 5 и 6 соответственно.

Результаты численных расчетов показывают, что при замещении ведущего сигнала на приемном конце соответствующим сигналом от передающей системы, то есть при переходе к взаимодействию систем (1) - (3), синхронизируются не только системы, описываемые отображениями Хенона, но и близкие к ним системы типа (4), в которых также ведущий сигнал (u_n) замещается ведущим сигналом от "системы Хенона" передающего корреспондента. Таким образом, несмотря на то, что в "канале связи" присутствует лишь ведущий сигнал от более "простой" системы типа Хенона, на передающем и приемном концах синхронизируются системы, описываемые топологически "более развитыми" аттракторами для систем типа (4), которые можно, в данном случае, назвать ассоциативно связанными с первичными системами типа Хенона.

Подобные примеры можно рассмотреть применительно и к другим характерным ситуациям семантического взаимодействия корреспондентов, таким как навязывание информации (образ передающей системы

вытесняет первичный образ-аттрактор приемной системы), появление "слухов"(устойчивое восприятие искаженного образа аттрактора, обусловленное несоответствием параметров передающей и приемной систем) и т.д.

Существование определенного топологического соответствия между структурой аттракторов-образов в мозге человека и видом аттракторов (фрактальных структур), возникающих при моделировании 2-х и 3-х мерных систем, может иметь эстетические корни и быть объяснением факта множественного появления изданий и выставок изображений различного рода фракталов и странных аттракторов (в частности, доступных в W.W.W, например, <http://sprott.physics.wisc.edu/fractals/>).

Актуальность подобного анализа возрастает при переходе от строго последовательного восприятия текста к гипертекстовой технологии, являющейся основой неиерархических семантических сетей распределенной информационной системы World Wide Web (W.W.W.), базирующейся на транспортной основе INTERNET. Самостоятельный интерес представляет возможность использования подобного подхода для анализа ситуаций информационного противоборства и некоторых вопросов применения информационного оружия.

В заключение следует подчеркнуть, что отмеченные выше семантические аспекты взаимодействия пространственно - разнесенных динамических систем носят постановочный характер и их детальное рассмотрение является предметом дальнейших исследований.

Список литературы

- [1] А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов. Введение в синергетику. - Москва, Наука, 1990.
- [2] Н. Хакен. Sinergetic Computers and Cognition. Springer Series in Synergetics, **50**, 1991.
- [3] F. Abraham. Toward a dynamic theory of the psyche. Psychological Perspectives, (1989) **20**, 156-166.
- [4] Г. Николис, И. Пригожин. Познание сложного. - Москва, Мир, 1990.
- [5] L.M. Pecora, T.L. Carroll. Synchronization in Chaotic Systems. Phys. Rev. Lett., (1990) N 8, 821-824.

- [6] Г. Фреге. Смысл и денотат. Семиотика и информатика, (1977) N 8, 181-210.
- [7] J.S. Nicolis. Chaos and Information Processing. - Singapore. World Scientific, 1991.