

© Расторгуев С.П.
Rastorguev S.

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КАК ОБЪЕКТ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОТИВОБОРСТВА

THE STRUCTURE OF AN INFORMATION SYSTEM AS AN OBJECT OF INFORMATION WARFARE

Аннотация. Для любой информационной системы процесс поддержания соответствия модели мира связан с внутренними структурными преобразованиями системы. В статье речь идет о разработке ряда характеристик структур, которые позволили бы оценить структуру системы, как носителя знания, в условиях целенаправленного воздействия на структуру.

Annotation. For any information system the process of maintaining compliance with the model of the world is related to internal structural changes of the system. The article focuses on the development of a number of characteristics of structures that would evaluate the structure of the system as a carrier of knowledge in a purposeful impact on the structure.

Ключевые слова. Информационное противоборство, структура, информационная система, объект, целенаправленное воздействие.

Key words. Information warfare, the structure, information system, a object, intended effect.

Для любой информационной системы процесс поддержания соответствия модели мира этому самому миру связан с внутренними структурными преобразованиями системы. Иногда в литературе этот процесс поддержания соответствия называют эволюцией систем. В рамках разделения эволюционных аспектов на внешний и внутренний целенаправленные структурные преобразования представляют собой внешний аспект [1].

Понятно, что подобное выделение аспектов достаточно условно, так как при изменении масштаба (позиции исследователя) внутренний аспект становится внешним и наоборот. Потолок же изменений, потолок познания и точность соответствия модели мира миру определяется возможностями по структурной перестройке, т.е. количеством элементов субъекта, их функциональными возможностями и связями между ними. Поэтому-то «если социальный объект разрушается внешними силами, но сохраняются образовавшие его люди и условия их выживания, то из остатков объекта в случае надобности возникает новый объект, максимально близкий по

социальному качеству к разрушенному» [1]. И это не только закон эволюции социальных объектов – это закон эволюции знания, выраженного в структуре системы и функциональных возможностях ее элементов¹ [2]. Поэтому-то со стороны агрессора важно не ослаблять давление даже на разрушенную систему. В работе «На пороге «оранжевой» революции» С.Г. Кара-Мурза и др. отмечают: «Збигнев Бжезинский непрерывно предупреждает, что Россия обязательно начнет подниматься и возрождаться как империя. Поэтому такие усилия были потрачены на «оранжевую» революцию на Украине. О необходимости именно из этих соображений присоединить Украину к Западу он говорил так: «Если России удастся помешать присоединению Украины, она вновь может стать империей, командующей своим окружением. И неизбежно Россия превратится в угрозу для своих соседей».

В одном из докладов американо-израильского аналитического центра стратегического прогнозирования «Stratfor» сказано: «Россия может восстановиться, если ей дать время. США не планируют видеть Рос-

¹ Здесь и далее под знанием понимается совокупность сведений, выраженная в структуре системы и функциональных возможностях ее элементов.

Расторгуев Сергей Павлович – доктор технических наук, профессор, советник, Институт исследований проблем информационной безопасности МГУ, тел. 543-36-77.

Rastorguev Sergey Pavlovich – doctor of technical sciences, professor, counselor, „Moscow State University, Institute of Safety Researches, tel. 543-36-77.

сию восстановленной и, следовательно, не дадут ей времени. Вашингтон намерен видеть Россию в неблагоприятном состоянии и довести это состояние в необратимый процесс. Россия сегодня очень близка к этой ситуации, но, по нашему мнению, окно, которое вскоре закроется, пока открыто» [3].

Поэтому-то для противника важно довести соответствующую систему (знание соответствующей системы) до того уровня, с которого возрождение уже будет в принципе невозможным. Если в структуре физически нет необходимых элементов, то восстановление функциональных возможностей, определяющихся именно элементами и связями между ними, уже выходит за пределы способностей системы по самоорганизации и самовозрождению.

Именно в структуре системы и функциональных возможностях элементов структуры заложены ее возможности как по разрушению, так и по восстановлению. И разрушение, и восстановление идет одними и теми же путями, через одни и те же переходные структуры.

Целью данной статьи является определение базовых характеристик структур и элементов, влияющих на потенциальные возможности системы.

В качестве характеристик структур и структурных преобразований предлагается определить:

- 1) количество элементов (n);
- 2) общее количество связей между элементами (s);
- 3) информационная емкость ($E(t_i) = s + n$);
- 4) степень изменения знания ($I = (E(t_2) - E(t_1)) / (t_2 - t_1)$);
- 5) распределение связей между элементами (задается описанием структуры);
- 6) «жизненная сила» элементов системы (g_i);
- 7) возможность влияния одного элемента на другой (w_{ij});
- 8) «сила сцепления» элементов структуры ($c_{ij} = f(g_i, g_j)$);
- 9) операции, выполняемые элементами (если элемент – организация, то уставом, положением; если элемент – работник, то функциональными обязанностями; для человеко-машинной системы – утвержденной технологией; для программы – алгоритмом и т.п.);
- 10) мера хаоса в принятии решения (H);
- 11) устойчивость структуры к внешним воздействиям (V).

Одна часть характеристик интуитивно понятна (они уже определены в приведенном перечне: 1, 2, 3, 4, 8), другая – требует обоснования (5, 6, 7, 9, 10).

Распределение связей между элементами

Существует достаточно много равносильных подходов к описанию структур как графически (графы в n -мерном пространстве), так и строго математически (матрицы, функции и т.п.). Мы остановимся на строковой (языковой) форме исключительно ради собственного удобства ее компьютерной обработки, основанной на развитой теории синтаксического и семантического анализа.

Предлагается следующая форма описания структуры с именем A :

$$A: \{a_1(a_1, a_1, a_1, \dots), a_2(), a_3(), \dots, a_n()\}, \quad (1)$$

где a_i : «операции, выполняемые первым элементом, – алгоритм, записанный на одном из известных языков программирования»;

a_1 – имя элемента;

n – общее количество элементов.

В круглых скобках перечислены имена элементов, с которыми соединен тот элемент, чье имя записано перед открывающейся скобкой.

Например, вот так выглядит описание знания о законе всемирного тяготения:

$$F: \{M_1(U_1), M_2(U_1), f(U_2), R(U_3, U_3), U_1(U_2), U_2(D), U_3(D)\}.$$

Данное описание соответствует следующему рис.1.

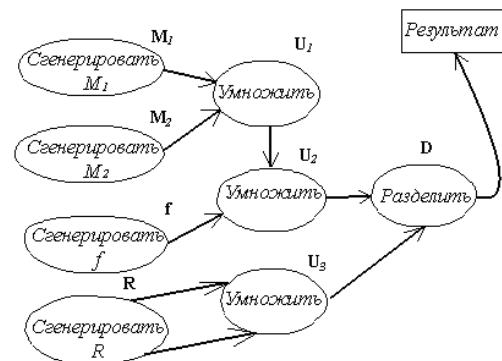


Рис.1. Графическая интерпретация описания

«Жизненная сила» элементов

Под термином «жизненная сила» (ЖС) элемента (субъекта) понимаем количественную оценку защищенности элемента в условных единицах¹.

В зависимости от природы системы, для элементов которой рассчитается ЖС возможны свои специфические нюансы. Так например, для расчета ЖС элементов социальных систем можно использовать параметры, предложенные В.М. Дановым в статье «Агенты влия-

¹ При решении задач, связанных с ростом структур, «жизненная сила» элемента дополнительно может рассматриваться, как способность элемента по созданию себе подобного (похожего). Подобная трактовка допускается в силу того, что создание собственной копии рассматривается, как один из способов защиты и повышает общую оценку защищенности, подразумевая, в первую очередь, защиту знания, которое несет субъект.

ния: откуда они?»¹[4], применительно к определению слоя управления силой этноса, в частности:

X – величина личного состояния индивидуума;

Y – величина управляемого данным индивидуумом капитала;

Z – число подчиненных физических лиц у данного индивидуума.

И в качестве результирующего числа брать длину вектора в пространстве (X, Y, Z) .

Для технических систем, например, для роботов¹ [5], ведущих диалог на просторах Интернет, используя тексты WEB-сайтов, можно отталкиваться от структуры текста, как это и делают поисковики. И здесь в качестве жизненной силы элемента текста (слово) брать число повторений данного слова и его производных с учетом тегов, которые используются для выделения слова и повышения его значимости в конкретном тексте.

Когда требуется в описании структуры указать ЖС элементов, предлагается показатель «жизненной силы» проставлять в виде индекса над номером элемента, например: $\{a^i(b), b^2(a, c), c^{200}(b)\}$.

Возможность влияния одного элемента на другой

Под возможностью влияния элементов друг на друга содержательно понимается возможность доводить до адресата сообщения. Постулируем, что возможность влияния тем больше, чем больше ЖС; и тем меньше, чем больше «расстояние»² между элементами. Тогда *возможность влияния* i -го элемента на j -й обозначим через w_{ij} и определим следующим образом:

$$w_{ij} = k_{ij} \cdot g_i / r_{ij}, \quad (2)$$

где k_{ij} – коэффициент пропорциональности (коэффициент уровня восприятия), зависящий от «доверия» или уровня восприятия j -го элемента i -м. С помощью данного коэффициента можно усилить или ослабить возможность влияния и даже полностью устранить, если субъекты друг для друга «невидимы», например, живут разными интересами, в разных системах ценности, пользуются разными «языками» и совершенно не интересуют друг друга;

g_i – жизненная сила i -го элемента;

r_{ij} – расстояние между i -м и j -м элементами.

Следующим этапом для нас станет исследование k_{ij} (коэффициент пропорциональности), обоснование его фи-

зического смысла для социальных систем, осуществляющих информационное взаимодействие, и предложение формулы для количественной оценки. Попробуем это сделать.

Начнем с утверждения, что одна информационная система способна «понимать» другую, если их языки – связи с внешним миром и, естественно, друг с другом хотя бы частично совпадают.

Определим язык i -й информационной системы в виде множества пар

$$L_i = \{(a_{i,k}, b_{i,k})\}, \quad (3)$$

где $0 \leq k \leq n$;

n – количество различных возможных сообщений в языке системы i ;

$a_{i,k}$ – сообщение, поступающее на вход системы i ;

$b_{i,k}$ – сообщение, выдаваемое на выходе системы i в ответ на сообщение $a_{i,k}$.

Понятие «сообщение» в нашем случае включает в себя все присущие ему атрибуты: форму, содержание, время передачи, паузы и т.д. Для простоты будем рассматривать сообщение в виде следующей тройки:

$$a_{i,k} = (d_{i,k}, f_{i,k}, t_{i,k}), \quad (4)$$

где $d_{i,k}$ – само сообщение;

$f_{i,k}$ – интенсивность передачи сообщения (сила);

$t_{i,k}$ – время ответа.

Считаем, что сообщение $a_{i,k} = a_{j,l}$, если

$$|d_{i,k} - d_{j,l}| < \Delta d; |f_{i,k} - f_{j,l}| < \Delta f; |t_{i,k} - t_{j,l}| < \Delta t.$$

Обозначим:

$$l_{i,k} = (a_{i,k}, b_{i,k}); A_i = \{a_{i,k}\}; B_i = \{b_{i,k}\},$$

$\mu()$ – функция подсчета количества элементов множества.

Тогда уровень «взаимопонимания» систем i и j определим следующим образом (прямо пропорционально размеру одинаковой части их языков и обратно пропорционально максимально возможному пониманию между ними):

$$M_{i,j} = \mu(L_i \cap L_j) / \max(\mu(L_i), \mu(L_j)). \quad (5)$$

Уровень понимания системой i системы j

$$m_{i,j} = \mu(L_i \cap L_j) / \mu(L_j). \quad (6)$$

Эти определения отражают то интуитивное ощущение, что чем больше общих понятий, в частности, одинаковых слов в двух языках, тем носители этих языков лучше понимают друг друга.

Однако вполне возможна ситуация, когда за оди-

¹ Здесь и далее по тексту под диалоговыми роботами понимаются в первую очередь одухотворенные аватары как информационные поименованные диалоговые системы, созданные по образу и подобию, способные адаптироваться к входным данным для достижения поставленной цели.

² В качестве расстояния между элементами может выступать не только реальное расстояние, но число преград, или уровень сложности, т.е. речь идет о любой характеристике, противодействующей информационному влиянию. Например, для расстояния между словами текста в качестве преград могут выступать знаки препинания, между этими словами.

наковыми словами скрывается разный смысл, т.е. система i на сообщение $a_{i,l}$ всегда отвечает сообщением $b_{i,l}$, а система j на то же самое сообщение отвечает сообщением $b_{j,l}$ при этом $b_{i,l} \neq b_{j,l}$.

Для того чтобы описать подобную ситуацию, введем понятие «похожесть» систем и будем оценивать уровень «похожести» системы i на систему j по следующей формуле:

$$p_{i,j} = \mu(A_i \cap A_j) / \mu(A_j). \quad (7)$$

Тогда, опять же интуитивно, понятно, что чем меньше взаимопонимание систем, но чем больше «похожесть» их друг на друга, тем более сильным может быть взаимное разрушение при их взаимодействии.

Простой пример. Собака, когда настроена доброжелательно, поднимает хвост. Кошка поступает прямо противоположно. Взаимобратные языковые системы приводят к тому, что кошка с собакой и «живут как кошка с собакой».

Попробуем ввести численную оценку уровня «агрессивности» систем по отношению друг к другу, которую обозначим через $U_{i,j}$.

Для того чтобы определить, что такое уровень агрессивности, введем ряд ограничений и требований к этой величине:

1) в том случае, если уровень «похожести» системы i на систему j равен 0, то $U_{i,j} = 0$;

2) $U_{i,j}$ прямо пропорционально количеству несопадающих ответов (выходных сообщений) i и j систем на совпадающие вопросы (входные сообщения).

Тогда относительное количество несопадающих выходов по совпадающим входам можно определить по формуле

$$U_{i,j} = \left(\sum_{k=0}^{k=n} (a_{i,k} \cap A_j) \cdot (1 - (l_{i,k} \cap L_j)) \right) / n. \quad (8)$$

Данная формула удовлетворяет требованию 1 и требованию 2.

Таким образом, можно констатировать, что для выполнения совместных функций в каждой системе по отношению к соседней в процессе функционирования возникает «понимание», которое можно оценить по формуле (5), и «агрессивность», которую можно оценить по формуле (8).

При этом, образно говоря, за «похожесть» систем друг на друга отвечают элементы структур (похожесть слов), а за «понимание» и «агрессивность» связи между элементами, закрепляющие за элементами те или иные

смыслы. Для человека сказанное может быть интерпретировано следующим образом: смысл его действий, как и смысл его жизни, определяется другими, т.е. системой его взаимоотношений, друзьями и врагами. Смысл жизни любого человека всегда находится за пределами его жизни, как и смысл существования человечества - за пределами существования человечества.

Введение таких понятий, как «уровень понимание» и «агрессивность», является первым шагом к установлению системы отношений над структурой, отражающей то или иное знание. Зачастую именно факт изменения в системе отношений является толчком к структурной модификации, к появлению и уничтожению связей между элементами, к рождению и гибели самих элементов. Понимание и агрессивность придают связям в структуре положительную/отрицательную ориентированность, позволяя тем самым уточнять создаваемую модель, значительно расширяя сферу ее применения. Последующее введение правил структурной модификации, определяемых состоянием системы отношений между элементами, позволит изучать процессы изменения знания и, в частности, прогнозировать их будущее.

На основании данных понятий коэффициент пропорциональности определим через разность между «уровнем понимания» и «агрессивностью», т.е.

$$k_{ij} = m_{i,j} - U_{i,j}^1.$$

Если речь идет об определении влияния одного элемента на другой в рамках структуры одной системы, то рассчитывать коэффициент уровня восприятия применительно к каждому элементу бессмысленно. Он рассчитывается ко всей структуре i в условиях ее информационного взаимодействия со структурой j и одинаково действует на все элементы i структуры. При взаимодействии с другой системой этот коэффициент будет другим.

При определении возможности влияния одного элемента на другой в рамках структуры конкретной системы, которая решает свои конкретные задачи, не отделяя себя от своих элементов, предполагается, что

$$m_{i,j} = 1, U_{i,j} = 0 \text{ для любых } i, j,$$

принадлежащих данной системе. И тогда $k_{ij} = 1$.

«Сила сцепления» элементов структуры

Возможность влияния характеризует возможности элемента. Однако в решении практических задач не менее важно уметь оценивать «возможности» связи меж-

¹ Как правило, для случая однородных элементов, например, слов в тексте, принадлежащих одному алфавиту, считается, что $U_{ij} = 0$, а $m_{ij} = 1$ и тогда $k_{ij} = 1$.

ду элементами. С этой целью введем такую характеристику, как «сила сцепления».

Силу сцепления определим исходя из природы модели (социальная, техническая) и требований к модели.

В данном случае мы попытаемся реализовать достаточно общий подход, предъявив следующее требование: сила сцепления двух элементов является функцией от возможности влияния этих элементов друг на друга.

Тогда силой сцепления двух элементов $a_i(g_i)$ и $a_j(g_j)$ назовем величину

$$z_{ij} = k_1 \cdot k_2 \cdot g_i \cdot g_j / r_{ij} \cdot r_{ji} \quad (9)$$

или

$$z_{ij} = k \cdot g_i \cdot g_j / r_{ij} \cdot r_{ji}. \quad (10)$$

Для случая, когда $r_{ij} = r_{ji}$, (подобное равенство практически невозможно для систем социальной природы).

$$z_{ij} = k \cdot g_i \cdot g_j / r_{ij}^2. \quad (11)$$

где $k = k_1 \cdot k_2$.

g_i — «жизненная сила» i -го элемента;

r_{ij} — «расстояние» между элементами.

Вполне допустимы и любые другие формы задания силы сцепления, которые определяются исследуемой предметной областью, решаемыми задачами и соответствуют выдвинутому ограничению.

Мера хаоса в принятии решения

Очевидно, что наличие избыточных связей в структуре системы, которые не используются для выполнения данной системы своих непосредственных функциональных обязанностей, только вредит, отнимая ресурсы на их поддержание. Попробуем количественно оценить величину «лишних» связей. Предположим, что есть некоторая социальная система (организация), структура которой состоит из n функциональных элементов. Системе задается вопрос, требующий для адекватного ответа k соответствующих собственных элементов.

Тогда, для того чтобы отобрать из всех n элементов именно k нужных, системе понадобится задать самой себе $k \cdot \log_2(n)$ вопросов (в соответствии с формулой Хартли).

Выделяя из n функциональных элементов k нужных «для дела», Руководитель тем самым создает удобную для собственной работы структуру. Именно эти $k \cdot \log_2(n)$ вопросов в данном случае и формируют структуру, т.е. формируют знание, являющееся основой для ответа на заданный вопрос. Какие вопросы задаются — такие структуры и формируются.

В социальных организациях, где под определен-

ные задачи уже сформированы соответствующие структуры, перенастройка этих структур (настройка на хозяина) осуществляется заменой функциональных элементов на «аналогичные» порой без модификации самой структуры. Кто-то отправляется на пенсию, кто-то на другую работу.

Понятно, что неточность в принятии решения и отпущенное для этого время взаимосвязаны и во многом определяются структурой системы. Неточность ответа в общем случае определяется тем, каких связей не хватило для ее устранения в рамках данной системы. Неточность может присутствовать в ответах даже полностью связанной структуры, если у нее нет элементов, способных решить поставленную задачу. А вот на время принятия решения наличие лишних согласований (связей) имеет непосредственное влияние.

Чем больше всевозможных связей в системе, тем дольше время реакции на входную обучающую выборку; тем дольше система «думает», так как избыток связей способен вызывать в системе различные варианты ответов, иногда взаимно противоречивых (предполагается, что обработка входных данных идет по всем возможным связям).

Поэтому, исследуя структуры различных информационных систем, предлагается под мерой хаоса функционирования этих систем понимать избыток связей, потенциально способных создавать хаос в принятии решения.

Тогда без большой натяжки для измерения меры хаоса в принятии решения предлагается воспользоваться функциональной зависимостью, основу которой могла бы составить формула Л. Больцмана¹

$$H = k \cdot \log_2(W) - B, \quad (12)$$

где k — константа;

W — статистический вес, который определяется числом возможных вариантов взаимодействия элементов системы между собой;

B — константа, характеризующая состояние системы, способной практически мгновенно принимать решение, т.е. состояние системы, в котором она обладает минимально возможным количеством связей.

В нашем случае статистический вес — это количество устойчивых связей между элементами системы; k — константа, неявно отражающая средний уровень сложности вопросов и ответов, на которые способна информационная система в своем познании окружающего мира. Понятно, что для информационных систем разного вида данная константа разная. В данном же случае предлагается определить ее равной 1. Константа B пропорциональ-

¹ Формула Больцмана изначально характеризует поведение ансамбля сталкивающихся частиц. Для информационных систем обмен сообщениями в чем-то аналогичен столкновениям частиц. Любое «столкновение» в данном случае трактуется как лишнее движение, лишнее препятствие при стремлении системы к цели.

на минимально возможному количеству связей между элементами системы — $\log_2(n-1)$.

Тогда меру хаоса в принятии решения для информационных самообучающихся системы предлагается определять по формуле

$$H = \log_2(s) - \log_2(n-1). \quad (13)$$

или

$$H = \log_2(s/(n-1)), \quad (14)$$

где s — количество устойчивых связей между элементами структуры;

n — количество элементов системы.

Попробуем оценить максимально возможную меру хаоса в принятии решения. Пусть система обладает структурой, в которой каждый связан с каждым. Тогда общее число связей в системе будет равно

$$s = n \cdot (n-1) / 2.$$

Отсюда следует, что максимально возможная мера хаоса в принятии решения может быть рассчитана следующим образом:

$$\begin{aligned} H &= \log_2(n \cdot (n-1) / 2) - \log_2(n-1); \\ H &= \log_2(n/2). \end{aligned} \quad (15)$$

Для систем, в которых число связей между элементами больше минимально допустимого количества для существования системы как единого целого, с увеличением элементов системы *мера хаоса в принятии решения* будет неуклонно возрастать.

Минимально возможной мерой хаоса обладает система, состоящая из двух элементов — $S=0$.

Для структуры, состоящей из одного элемента, какая-либо оценка меры хаоса бессмысленна.

Для системы, обладающей строгой иерархической структурой типа «звезда», даже в случае роста количества элементов мера хаоса в принятии решения остается постоянной и равна 0.

Любопытно провести оценку меры хаоса в принятии решения для коллективов людей. Какая мера считается допустимой, а какая уже нет?

Для того, чтобы ответить на этот вопрос, надо определить, какое количество людей может составлять коллектив, способный выполнять поставленные перед ним задачи, используя структуру связей каждый с каждым? Так, если исходить из того, что максимальное количество людей, которые способны поддерживать связи типа каждый с каждым в рамках определенного клуба (лаборатории, коллектива, взвода) не превышает 13 человек¹ (по ряду зарубежных оценок эта цифра равна 5)², то

$$H = \log_2(n/2) = \log_2(6,5) = 2,7.$$

Если исходить из зарубежных оценок, то

$$H = \log_2(5/2) = \log_2(2,5) = 1,326.$$

Таким образом, структура человеческого коллектива, типа «каждый с каждым», начинает самопроизвольно модифицироваться при приближении меры хаоса в принятии решения к 2.7. Реально это величина много меньше. Указанная цифра по своей сути является верхним пределом именно для людей.

Свойство информационной системы сохранять свои функциональные возможности, выдерживая требуемые временные ограничения, в условиях повышенной меры хаоса способствует выживаемости этой системы.

Устойчивость структуры к внешним воздействиям

Понятие устойчивости является одним из ключевых при исследовании информационных самообучающихся систем. В силу того, что структура, образно говоря, олицетворяет собой знание, то там, где произносится словосочетание «устойчивость структуры», там понимается «устойчивость знания».

Ответить на вопрос: какое знание наиболее устойчиво? — означает найти структуру, соответствующую этому знанию.

В качестве исходной предпосылки предположим, что система *устойчива к внешним информационным воздействиям*, если количество ее элементов не испытывает «резких» колебаний от этих воздействий.

Если взять введенное определение устойчивости в качестве базового, то надо понять, какой структурой должна обладать система, чтобы количество ее элементов не испытывало так называемых «резких» колебаний и поделиться с тем, что понимается под «резкими» колебаниями?

Первое, что напрашивается в качестве примера, это структура, в которой есть несколько групп элементов, тесно связанных друг с другом, но при этом связи между группами очень неустойчивы, например:

$$A: \{1(2, 3, 4); 2(1, 3, 4); 3(1, 2, 4); 4(1, 2, 3, 5); 5(4, 6, 7); 6(5, 7); 7(5, 6)\}.$$

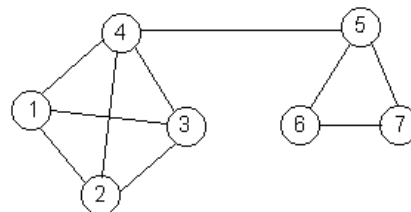


Рис.2. Графическая интерпретация структуры

¹ Эта оценка именно российских специалистов, занимающихся клубным движением. Что интересно, именно такое количество апостолов было выбрано Спасителем.

² Цифра 5 соответствует численности минимального военного подразделения в абсолютном большинстве армий мира.

В приведенной структуре A достаточно уничтожить элемент с именем «4», как сразу количество элементов системы уменьшится в два раза. Интуитивно понятно, что эта структура не является устойчивой в смысле данного выше определения, т.е. неустойчивой является любая структура, в которой имеют место одиночные элементы, осуществляющие связку групп элементов.

И наоборот, *максимально устойчивой системой* можно считать систему, структура которой обладает максимальным количеством связей — каждый соединен с каждым.

Попробуем формализовать сказанное.

Обозначим через U_{ik} — количество элементов структуры, которые будут потеряны для системы, в случае уничтожения i -й последовательности из k элементов, а через n — количество элементов.

Тогда первую степень устойчивости той или иной структуры будем рассчитывать по следующей формуле:

$$V_1 = n / (\sum_i U_{i1}). \quad (16)$$

Под k -й степенью устойчивости структуры будем понимать

$$V_k = k C_n^k / (\sum_i U_{ik}), \quad (17)$$

где $C_n^k = n! / (k! (n-k)!)$; $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (n-2) \cdot (n-1) \cdot n$. При этом $k < n-1$, k — степень устойчивости.

Название «первая степень устойчивости» выбрано с предположением, что одновременно из структуры поочередно вырывается только один элемент. Если же речь идет об одновременном изъятии из структуры двух и более элементов, то здесь уже надо говорить о соответствующем показателе степени устойчивости к внешним воздействиям.

В том случае, если первая и вторая степени устойчивости совпадают, то будем считать, что структура обладает глубинной устойчивостью.

Например, такие структуры как круг (круглая форма) и решетка (клеточная форма) имеют одинаковую первую степень устойчивости. Однако их исследование на уровне второй и третьей степени устойчивости показывает, что в отличие от решетки круг не обладает глубинной степенью устойчивости.

Звездообразная форма структуры не имеет даже первой степени устойчивости. Достаточно выбить центральной элемент, чтобы система погибла. Однако данная форма структуры способствует минимальной «мере хаоса в принятии решения»¹, т.е. данная система теоретически раньше других способна «почувствовать» опасность и принять соответствующие меры. Порой меры могут оказаться не очень грамотными, но зато своевременными

ми. Устойчивость систем, в основе которых лежит звездообразная структура, к внешним воздействиям определяется исключительно «жизненной силой» центральных элементов и их защищенностью. Если в процессе функционирования центральные элементы вырождаются или поражаются, как в случае СССР, то система распадается.

Степень устойчивости всегда меньше либо равна 1.

Система максимально устойчива тогда, когда $V=1$.

Степень устойчивости минимальна, если изъятие любого из элементов приводит к полному разрушению системы. Наиболее близкий пример подобной структуры — звездообразная форма. Уничтожение центрального элемента приводит к гибели всей системы.

Степень устойчивости структуры, имеющей звездообразную форму, стремится к 1/2.

Заключение

Предложенные характеристики структуры информационной системы в определенной степени свойственны вообще структурам как таковым. Для проверки удобства и практической полезности введенных оценок был проведен анализ структур текстов взаимодействующих информационных систем (диалоговых роботов).

Введены следующие характеристики.

Общее количество элементов — число слов в анализируемом тексте — n .

Общее количество связей между элементами $s = n(n-1)/2$ (потенциально возможное число связей). Если в качестве связи считать только те, которые соответствуют определенным требованиям, например, считаем связь между словами существующей, если «сила сцепления» этих слов больше некоторой наперед заданной величины, то общее количество «реальных» связей будет значительно меньше;

Информационная емкость текста (максимально возможная емкость для данного текста)

$$E(t_1) = s + n = n(n+1)/2.$$

Степень изменения знания — данная характеристика не может быть применена к неизменяющемуся тексту. Однако с помощью этой характеристики можно оценивать качество реферата, полученного по конкретному тексту.

Распределение связей между элементами задается самим текстом.

«Жизненная сила» элементов-слов

$$g_i = \sum_j \gamma(s_i, s_j), \quad (\text{сумма по } j, i \neq j), \quad (18)$$

где $\gamma(s_i, s_j)$ — функция определения «похожести» слова s_i на слово s_j (с учетом тегов).

¹ Предполагается, что избыток связей создает хаос в принятии решения, увеличивая тем самым время реакции системы, т.е. снижая ее способность к сопротивлению от угроз, требующих быстрой реакции.

Возможность влияния одного элемента на другой

$$w_{ij} = k \cdot g_i / r_{ij} \quad (19)$$

где g_i – жизненная сила;

r_{ij} – расстояние между словами:

$$r_{ij} = 0,1 \cdot n_1(s_i, s_j) + 0,5 \cdot n_2(s_i, s_j) + 1 \cdot n_3(s_i, s_j) + 2 \cdot n_4(s_i, s_j). \quad (20)$$

$n_1(s_i, s_j)$ – число слов между словом s_i и словом s_j ;

$n_2(s_i, s_j)$ – число запятых (а также знаков «;», «-») между словом s_i и словом s_j ;

$n_3(s_i, s_j)$ – число точек (а также знаков «!», «?») между словом s_i и словом s_j ;

$n_4(s_i, s_j)$ – число абзацев между словом s_i и словом s_j ;

коэффициенты 0,1; 0,5; 1 и 2 подбирались эмпирически, $k = 1$.

«Сила сцепления» слов $c_{ij} = w_{ij} \cdot w_{ji}$ рассчитывается на базе вышеприведенных формул для оценки возможности влияния слов друг на друга.

Операции, выполняемые элементами/словами, – каждое слово, в зависимости от части речи, выполняет свою функцию, прилагательное является признаком предмета, существительное исполняет роль предмета,

глагол – действие над предметом и т.п.

Мера хаоса в принятии решения

$$H = \log_2(s/(n-1)),$$

где s – число только тех связей, сила сцепления для которых больше некоторой наперед заданной величины. В практических примерах мера хаоса всегда больше в текстах, состоящих из длинных предложений и больших абзацев. В текстах из коротких предложений, типа команд, мера хаоса минимальна.

Устойчивость структуры $V_i = n / \sum U_{i1}$. Как показали расчеты, устойчивость текстов тем больше, чем больше жизненной силы у слов текста (при условии, что ЖС определяется по формуле (18)). Чем чаще определяющие текст слова и их производные используются в тексте, тем устойчивее сам текст к внешним воздействиям.

Использование введенных характеристик в ходе лингвистической обработки текстов диалоговыми роботами позволило значительно улучшить удобство инструментария для динамической корректировки как желаемых результатов, так и «характеров» самих роботов.

Литература

1. Зиновьев АА. На пути к сверхобществу.
2. Расторгуев С.П. Информационная война. Проблемы и модели. М. «Гелиос АРВ» 2006.
3. Кара-Мурза С., Телегин С., Кудрявцев М., Миронов А. «На пороге «оранжевой» революции». М. 2005.
4. Данов. В.М. «Агенты влияния: откуда они?» // Информационный сборник «Безопасность» №3-4, март-апрель, 1995 г.
5. Расторгуев С., Литвиненко М. «Аватаризация». Сп-б: «Реноме». 2011.

Материал поступил в редакцию 18. 04. 2012 г.