

Бирюков Д.Н., Пилькевич С.В., Сабиров Т.Р., Глухов А.П.

ПОДХОД К ОБРАБОТКЕ ЗНАНИЙ В ПАМЯТИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация

Для решения проблемы направленного извлечения из долговременной памяти информационной системы фрагментов знаний, а также их ранжирования по степени апробированности и подтверждённости предлагается использовать разработанную модель ассоциативной ресурсной сети и модель распространения ассоциативного сигнала по ней.

Ключевые слова: ассоциативная ресурсная сеть, ассоциативный сигнал, интеллектуальная система, память.

The Approach to the processing of knowledge in memory intelligent systems

Abstract

To solve the directed retrieve from long-term memory information system fragments knowledge and their ranking according to the degree of approbation and evidence it is proposed to use the developed model of associative resource network and the distribution model of associative signal on it.

Keywords: associative resource network, associative signal an intelligent system, memory

Введение

Повышение требований к обработке информации в различных областях жизнедеятельности человека требует улучшения существующих и создания новых подходов, позволяющих более эффективно хранить, обрабатывать и представлять информацию в процессе принятия различных решений. Среди существующих подходов к обработке информации следует отдельно выделить те, которые базируются на использовании баз знаний (БЗ) [1].

К числу наиболее передовых моделей лежащих в основе современных баз знаний относят онтологии. Процессы построения и пополнения знаниями онтологий зачастую могут выполняться параллельно как экспертами, так и

автоматизированными средствами мониторинга. При этом базы знаний, как правило, представляют собой основу для построения интеллектуальных кибернетических систем, предназначенных для решения сложных предметно-ориентированных задач, связанных с вопросами прогнозирования, предотвращения и/или парирования деструктивных воздействий на подконтрольную информационную инфраструктуру.

Это приводит к быстрому росту объема базы знаний, возникновению сложностей с поддержанием её целостности и непротиворечивости, а также проблем дублирования знаний. Наблюдаемые события, информация о которых заносится в базу знаний, не всегда имеют строго вероятностный характер (вещественные функции на пространстве этих событий не удовлетворяют трем аксиомам Колмогорова). Кроме того, необходимо учитывать, что эксперты не всегда оперируют четкой информацией, а также используют в своих рассуждениях не только количественные, но и качественные категории.

Вышеизложенное позволяет говорить о возрастающем количестве затруднений, возникающих при решении задач формирования спецификаций процессов предотвращения новых типов деструктивных воздействий на критическую информационную инфраструктуру.

Учитывая указанное, предлагается обратить внимание на подходы, позволяющие разработать своеобразную «надстройку над онтологией» или функционирующую совместно с ней систему учета предпочтений, носящих, по сути, субъективный характер.

Модель обобщённой ассоциативной ресурсной сети, функционирующей совместно с онтологией в памяти интеллектуальной кибернетической системы

В работе [2] предложена сетевая модель, позволяющая структурировать память таким образом, что поиск информации становится возможно осуществлять, следуя по ассоциативным цепочкам, создающимся и изменяющимся автоматически на уровне топологии сети – в процессе

поступления и обработки информации (запросов). Причем, часто используемая информация оказывается более доступной, и сила ассоциативных связей тем больше, чем чаще сущности упоминаются вместе. Такое хранение и поиск информации в памяти отчасти имитирует клеточные ансамбли Хебба [3]. Как видится, указанный подход к упорядочиванию знаний в памяти может быть применён при реализации процедур хранения и обработки данных в памяти интеллектуальной кибернетической системы.

В работе [4] описана модель памяти, названная *ассоциативной ресурсной сетью*. Эта модель представлена ориентированным графом с переменной топологией. Вершины соответствуют сущностям предметной области, ребра – ассоциативным связям между ними. Предложенная модель хорошо сочетается с моделью представления онтологий предметных областей.

Каждая сущность, представленная в ассоциативной ресурсной сети, обладает *яркостью*. Чем больше яркость вершины, тем она «виднее» – доступнее при поиске. Ребра обладают ограниченными пропускными способностями. Чем чаще две вершины участвуют в запросе совместно, тем больше пропускная способность ребер их связывающих. Чем больше пропускная способность ребра между двумя вершинами, тем больше сила ассоциации между соответствующими сущностями (вершинами). Пример схематического представления ассоциативной ресурсной сети приведён на рисунке 1 (размеры вершин и толщина ребер иллюстрируют различия в значениях яркостей и пропускных способностей, соответственно). Сама же ассоциативная ресурсная сеть (АРС) строится и функционирует над онтологией предметной области, строящейся и используемой в интеллектуальной деятельности киберсистемы, призванной решать прикладные задачи информационной безопасности (см. рисунок 2).

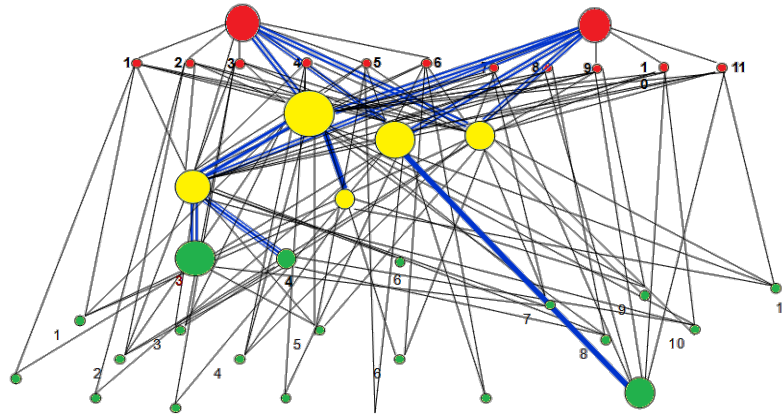


Рис. 1. Графическое представление ассоциативной ресурсной сети, отражающей абстрактную предметную область

Ассоциативную ресурсную сеть предлагается описывать как ориентированный граф, задаваемый через множество вершин АРС, однозначно соотнесённых с концептами онтологии рассматриваемой предметной области [5], и множество направленных рёбер.

Определение 1: $v[id] = v_{\langle id, tv, brt \rangle}$ – вершина АРС, где:

$id = NV(v_{\langle id, tv, brt \rangle})$ – уникальный идентификатор вершины (её имя, которое может соответствовать названию концепта онтологии, с которым вершина АРС связана, а может, например, быть представлен в виде номера, $id \in ID_V$, где ID_V – множество идентификаторов вершин АРС),

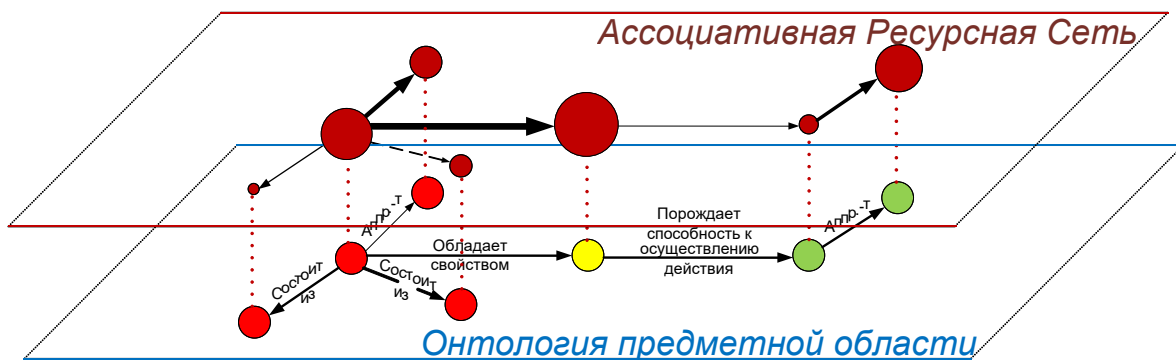


Рис. 2. Схема совместного функционирования ассоциативной ресурсной сети и онтологии предметной области

$tv = TV(v[id])$ – тип концепта онтологии [5,6], с которой рассматриваемая вершина АРС однозначно связана ($tv \in \{O, P, A\}$, где “O” – <Объекты>, “P” – <Свойства> и “A” <Действия>),

$brt = BV(v[id])$ - “яркость” вершины АРС - неотрицательное число, приписываемое вершине графа (см. требование к памяти системы Т.7.1: “Уровень активации должен быть величиной переменной” [7]).

Определение 2: $l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}$ – ребро графа между вершинами $v[i]$ и $v[j]$, соответствующее роли в онтологии ($i, j \in ID_V$, $v[i] = v_{\langle i, tv, brt \rangle}$, $v[j] = v_{\langle j, tv, brt \rangle}$).

$tl = TL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})$, $tl \in TypL$, где $TypL = \{type_l_1, type_l_2, ..., type_l_{Nl}\}$, а $type_l_i$ – тип (имя) ребра, однозначно соответствующий роли, объединяющей два конкретных концепта, рассматриваемой онтологии [5,6];

$Nl = |TypL|$ - количество различных ролей, используемых при построении онтологии;

$dir = DL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})$ – направление ребра относительно вершины, которая указана первой в описании ребра (для $l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}$ – относительно $v[i]$), $dir \in \{in, out\}$, если $dir = in$, то ребро направлено из вершины указанной второй, в вершину указанную первой, если $dir = out$, то в обратном направлении;

Примечание. Параметр dir важен, так как для решения практических задач, основанных на распространении ресурса по АРС, направление ребра может сказываться на результате такого распространения.

$cnt = CL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})$ – переменная, указывающая на объем понятия, с которым связана вершина АРС, из которой выходит ребро, $cnt \in \{all, some\}$, где all - “всякий”, $some$ - “некоторый” (“некоторые”);

$r = RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})$ – пропускная способность (проводимость) ребра АРС, соединяющего вершину $v[i]$ и $v[j]$; проводимость ребра сказывается на способности передавать “возбуждение” от вершины к вершине (от концепта к концепту).

Примечание. Поскольку в общем случае проводимость всех рёбер

неодинакова, то ассоциативная ресурсная сеть *неоднородна*.

Введём функцию $l[tl, v[i], v[j]] = l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}$, возвращающую по отличительным признакам ребра: $tl, v[i]$ и $v[j]$ всю информацию о ребре в структурированном виде.

Определение 3: Δbrt - количество ресурса, на которое увеличивается яркость вершины при обращении к ней. Яркость концепта в памяти должна возрастать при активации какого-либо ассоциированного с ним концепта или при непосредственной его активации [7]).

Примечание. Увеличение количества ресурса (brt), находящегося в вершине APC, однозначно связанной с активируемым концептом, происходит при каждом обращении к концепту онтологии и зависит от типа обращения ($init$).

Классификация вариантов “возбуждения” ($init$) вершин APC приведена на рисунке 3.

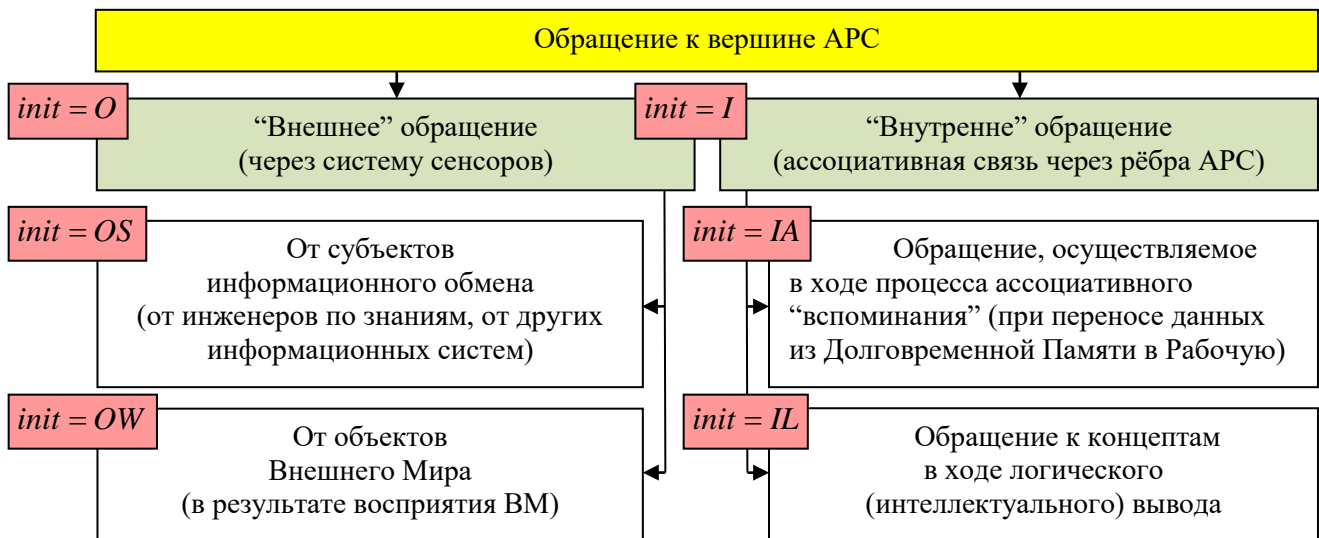


Рис. 3. Классификация вариантов “возбуждения” вершин APC

Введём функцию, вычисляющую значение приращения яркости вершины при обращении к ней и зависящую от типа обращения: $\Delta brt = BRT(init)$, где $init \in \{OS, OW, IA, IL\}$.

Можно предположить, что наименьшее значение должно иметь приращение Δbrt при $init = IA$: $BRT(IA)$.

Приращения $BRT(OS)$ и $BRT(OW)$ в общем случае могут быть равнозначны, однако следует учесть, что степень доверия интеллектуальной системы (ИС) к различным субъектам информационного обмена может быть различной, следовательно, можно предположить, что $BRT(OW) \geq BRT(OS)$. Тем самым декларативно задается своеобразная система приоритетов доверия к данным, получаемым из различных типов источников.

Примечание: под “степенью доверия” ИС к произвольному субъекту информационного обмена здесь и далее следует понимать величину $tr(Sub)$, которая в свою очередь может функционально зависеть от убедительности доводов оцениваемого субъекта информационного обмена, от частоты подачи оцениваемым субъектом ложных и правдивых сведений и т.п.; $\Delta brt = BRT(OS)$ пропорционально степени доверия $tr(Sub)$. Очевидно, что приращение $BRT(IL)$ должно быть больше $BRT(IA)$ и меньше $BRT(OW)$.

Таким образом, частично упорядоченное множество приращений ресурса $\Delta brt = BRT(init)$ можно представить в виде решётки (см. рисунок 4).

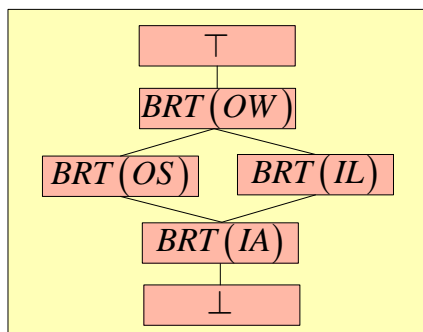


Рис. 4. Частично упорядоченное множество коэффициентов приращения ресурсов

Пусть: $BRT(OW) = \Delta \mathcal{R}$;

$BRT(IA) = Pa \Delta \mathcal{R}$, где $Pa \in (0,1)$ – величина, характеризующая приращение ресурса в вершине при обращении к ней в результате ассоциативного распространения сигнала по АРС (например: $Pa = 0,01$);

$BRT(OS) = tr(Sub) \Delta \mathcal{R}$, где $tr(Sub) \in [Pa, 1]$ – коэффициент, характеризующий степень доверия системы субъекту информационного обмена Sub ;

$BRT(IL) = Lc \Delta \mathbb{R}$, где $Lc \in (Pa, 1)$ (например: $Lc = 0,5$).

Передача данных по ребру АРС приводит к увеличению его пропускной способности. Вполне обоснованно можно предположить, что в общем случае величина Δr , на которую должна увеличиться пропускная способность конкретного ребра $l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}$ АРС при передаче по нему ассоциативного сигнала между вершинами $v[i]$ и $v[j]$, должна быть пропорциональна величине переданного сигнала.

Определение 4: $\Delta r = THR\left(BRT(init), TL\left(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}\right), DL\left(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}\right)\right)$ – величина, на которую увеличивается пропускная способность ребра $l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}$, в случае передачи по нему сигнала. Параметры $TL\left(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}\right)$ и $DL\left(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}\right)$ вводятся в функцию $THR(\bullet)$ для того, чтобы в последующем, при необходимости, можно было более гибко управлять процессом изменения пропускной способности ребер АРС при передаче по ним сигналов.

Таким образом, в ходе функционирования ИС должна осуществлять изменение ассоциативной ресурсной сети путём модификации её структуры, значений ресурсов её вершин и проводимости рёбер. Все изменения ресурсной сети осуществляются только над активированной частью онтологии, т.е. над частью онтологии и однозначно соответствующей ей частью ассоциативной ресурсной сети. Данное замечание позволяет реализовать механизм своеобразного «отображения в память» вычислительной системы (на платформе которой функционирует база знаний) только «активного» фрагмента онтологии.

Таким образом, возникает необходимость в решении задачи, связанной с выделением под воздействием запросов фрагмента онтологии и однозначно соответствующей ей части АРС. Следует отметить, что запросы могут поступать как извне системы, так и формироваться самой системой в ходе решения ею возникающих перед ней задач.

Далее будет рассмотрен порядок определения помещаемого в Рабочую память (РП) фрагмента АРС и связанного с ним фрагмента онтологии при осуществлении запросов к данным, располагающимся в Долговременной Памяти системы. Объём информации, помещаемой в РП, зависит от порядка и глубины распространения активации (ресурса) по АРС [7].

Модель распространения ассоциативного сигнала по АРС

Пусть $v[i]$ – возбуждаемая вершина АРС;

brt_{\min} – минимальное количество ресурса, достаточное для перевода вершины в число активных вершин, информация о которых должна быть перемещена в Рабочую Память для дальнейшей обработки;

$k_{\langle v[i], v[j] \rangle}$ – коэффициент ослабления распространения ассоциативного сигнала по АРС в направлении от вершины $v[i]$ к вершине $v[j]$:

$$k_{\langle v[i], v[j] \rangle} = \frac{RL\left(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}\right)}{BV\left(v_{\langle i, tv, brt \rangle}\right)}. \quad 1)$$

Значение коэффициента ослабления распространения ассоциативного сигнала по АРС мультипликативно увеличивается при прохождении ассоциативного сигнала по следующим друг за другом и имеющим общие концепты семантическим звеньям.

$$Sum_k_{v[j]} = Sum_k_{v[i]} \times k_{\langle v[i], v[j] \rangle}, \quad 2)$$

где $Sum_k_{v[i]}$ – переменная, указывающая на “затухание” сигнала, накопленное до инициирования вершины $v[i]$ (если вершина $v[i]$ является вершиной возбуждаемой непосредственно запросом, то $Sum_k_{v[i]} = 1$).

Количество “вспомненного” ресурса в вершине $v[j]$ предлагается рассчитывать согласно формуле (3):

$$brt' = BV\left(v_{\langle j, tv, brt \rangle}\right) \times Sum_k_{v[j]}. \quad 3)$$

Если $brt' \geq brt_{\min}$, то производится “вспоминание” вершины $v[j]$ и перенос информации о ней в РП. Чем выше уровень активации данных, тем выше должна быть их доступность (если уровень активации достаточно высок – выше определённого значения, то данные должны быть извлечены из памяти, в противном случае – нет [7]. Таким образом, чем больше “яркость” вершины, тем больше вероятность, что она “вспомнится” при возбуждении сопряжённой с ней вершины и информация о ней будет перемещена в РП (будет удерживаться в рамках Фокуса Внимания [7,8]).

Введение коэффициента ослабления распространения ассоциативного сигнала по АРС в виде (1) позволяет реализовать такой механизм его распространения, при котором по умолчанию (при равенстве всех остальных параметров) распространение сигнала осуществляется глубже в направлении ребра с большей пропускной способностью, так как в его направлении осуществляется меньшее ослабление.

Очевидно, что в онтологии могут присутствовать концепты, у которых могут иметься две и более ролей, связывающих их с другими концептами. В этом случае сигнал от вершины, однозначно связанной с подобным концептом, по умолчанию должен распространяться по всем инцидентным рёбрам. В связи с этим введём аксиому (*Аксиома 1*): чем в большее количество рёбер расходится ресурс от инициированной вершины, тем меньше “глубина” его распространения.

$$k_{\langle v[i], v[j] \rangle} = \frac{RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})}{BV(v_{\langle i, tv, brt \rangle})} \times \frac{RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})}{Sum_r} \quad (4)$$

где Sum_r – суммарная пропускная способность рёбер, по которым должно осуществляться распространение активации. Если распространение активации предполагается осуществлять в направлении одного ребра, то

$$Sum_r = RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}), \quad \text{а следовательно} \quad k_{\langle v[i], v[j] \rangle} = \frac{RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})}{BV(v_{\langle i, tv, brt \rangle})}, \quad \text{что}$$

соответствует отношению (1). В общем же случае $Sum_r = \sum_{j=1}^{All(v[i])} RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})$.

Выбор того, по каким рёбрам должна осуществляться передача ассоциативного сигнала, а по каким нет, осуществляет Центральный Процессор Памяти (ЦПП) [7], который и направляет Фокус Внимания. Именно ЦПП в совокупности с предложенной организацией памяти интеллектуальной системы [5-7] дают возможность осуществлять извлечение информации из памяти на основе накопленного опыта, логики и целей состоящих перед системой. Также функции ЦПП могут способствовать подавлению “нежелательного” извлечения данных из памяти.

На вход ЦПП могут поступать данные только из числа тех данных, которые находятся в Фокусе Внимания интеллектуальной системы и эти данные должны быть представлены в формализованном структурированном виде. Предлагается информацию об инцидентных рёбрах конкретной вершины $v[i]$ представлять в виде структуры (5):

$$\begin{aligned} Descr(v[i]) = & \langle All(v[i]), \vec{V}^{All_all_inf}(v[i]), \\ & Out(v[i]), \vec{V}^{Out_all_inf}(v[i]), \\ & In(v[i]), \vec{V}^{In_all_inf}(v[i]) \rangle, \end{aligned} \quad (5)$$

где:

$All(v[i])$ — количество рёбер, инцидентных вершине $v[i]$;

$(all_n = All(v[i]))$;

$Out(v[i])$ — количество рёбер, исходящих из вершины $v[i]$;

$(out_n = Out(v[i]))$;

$In(v[i])$ — количество рёбер, входящих в вершину $v[i]$; $(in_n = In(v[i]))$;

$$\begin{aligned} \vec{V}^{All_all_inf}(v[i]) = \\ = \left\langle \left\langle DL(l_{\langle tl, v[i], v[1], dir, cnt, r \rangle}), v[1], TL(l_{\langle tl, v[i], v[1], dir, cnt, r \rangle}), CL(l_{\langle tl, v[i], v[1], dir, cnt, r \rangle}), RL(l_{\langle tl, v[i], v[1], dir, cnt, r \rangle}) \right\rangle \right\rangle, \end{aligned}$$

$$\left\langle DL\left(l_{\langle tl, v[i], v[2], dir, cnt, r \rangle}\right), v[2], TL(l_{\langle tl, v[i], v[2], dir, cnt, r \rangle}), CL(l_{\langle tl, v[i], v[2], dir, cnt, r \rangle}), RL\left(l_{\langle tl, v[i], v[2], dir, cnt, r \rangle}\right) \right\rangle,$$

.....

$$\left\langle DL\left(l_{\langle tl, v[i], v[n], dir, cnt, r \rangle}\right), v[n], TL(l_{\langle tl, v[i], v[n], dir, cnt, r \rangle}), CL(l_{\langle tl, v[i], v[n], dir, cnt, r \rangle}), RL\left(l_{\langle tl, v[i], v[n], dir, cnt, r \rangle}\right) \right\rangle.$$

$\vec{V}^{Out_all_inf}(v[i])$ и $\vec{V}^{In_all_inf}(v[i])$ будут иметь аналогичную структуру, а по содержанию они будут отличаться от $\vec{V}^{All_all_inf}(v[i])$ тем, что если в $\vec{V}^{All_all_inf}(v[i])$ первый параметр каждого из векторов может принимать произвольное значение ($dir \in \{in, out\}$), то в $\vec{V}^{Out_all_inf}(v[i])$ будет $dir = out$, а в $\vec{V}^{In_all_inf}(v[i])$ будет $dir = in$.

Вектора в структурах $\vec{V}^{All_all_inf}(v[i])$, $\vec{V}^{Out_all_inf}(v[i])$ и $\vec{V}^{In_all_inf}(v[i])$ упорядочиваются на основе значений пропускных способностей рёбер ($r = RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})$).

Обосновано потребовать, чтобы ассоциативное воспоминание (распространение ресурса) по умолчанию происходило вначале через инцидентное активированной вершине ребро с наибольшей пропускной способностью до полного затухания (пока $brt' \geq brt_{min}$) и далее по другим рёбрам с меньшей пропускной способностью; если два ребра (или более), связанные с активированным концептом имеют одинаковую пропускную способность, то порядок распространения ресурса может определяться, например, лексикографическим порядком, установленным над именами вершин, с которыми данные рёбра связаны.

С целью недопущения неконтролируемого самовозбуждения вершин АРС, необходимо чтобы Центральный Процессор Памяти, управляя Фокусом Внимания, пресекал обратное распространение сигнала по ребру, по которому сигнал уже проходил (в рамках одного акта возбуждения, исходящего или от объектов ВМ или от самой интеллектуальной системы через ЦПП).

Пусть $Mass_BL = \left\{ l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}, l_{\langle tl, v[j], v[k], dir, cnt, r \rangle} \dots \right\}$ – массив рёбер, по которым уже прошёл сигнал в рамках выполнения одного и того же запроса (в

рамках одного акта возбуждения), а $BL_L(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}, Mass_BL)$ – функция, проверяющая на наличие указанного ребра и ему обратного того же вида в массиве $Mass_BL$, т.е. должно проверяться ребро $l_{\langle tl_1, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}$ и ребро $l_{\langle tl_2, v[j], v[i], dir, cnt, r \rangle}$, при этом должно быть $tl_1 = tl_2$. На выходе функция $BL_L(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}, Mass_BL)$ должна возвращать 1, если поданное на её вход ребро $l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}$ имеется в массиве $Mass_BL$, и 0 – в противном случае.

Примечание: Массив $Mass_BL$ предлагается использовать в качестве аналога Эпизодического Буфера [7], так как в нем содержатся все “пройденные” ассоциативным сигналом семантические звенья [5] (семантическое звено – два концепта, связанных ролью). Умозаключения же могут осуществляться только над данными, находящимися в Фокусе Внимания интеллектуальной системы. Исходя из этого, функция осуществления умозаключений на вход должна получать всё то, что находится в Фокусе Внимания, а в ФВ находятся данные, соответствующие данным из $Mass_BL$. Каждое добавление данных в $Mass_BL$ должно сопровождаться проверкой на предмет возможности осуществления умозаключения.

$ILogic(Mass_BL)$ – функция осуществления умозаключений над данными, находящимися в Фокусе Внимания.

Видится целесообразным дополнительно ввести коэффициент “натренированности” памяти met , сказывающийся на способности системы держать в Фокусе Внимания большое количество информации – возбуждённых концептов.

Пусть:

$$M(met, k_{\langle v[i], v[j] \rangle}) = met + k_{\langle v[i], v[j] \rangle} (1 - met), \text{ где} \quad (6)$$

$$met \in [0, 1].$$

Несложно проверить, что если $met = 1$ (что соответствует абсолютной памяти, т.е. максимально возможному её “усилению” до абсолютной памяти),

то $M\left(mem, k_{\langle v[i], v[j] \rangle}\right) = 1$, а это приводит к переходу к следующей вершине АРС без потерь. Такой же результат достигим только в том случае, если две вершины АРС соединены ребром, пропускная способность которого равна количеству ресурса, находящемуся в инициированной запросом вершине (т.е. при $BV(v[i]) = RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})$). Данное утверждение вполне обосновано, так как в случае $BV(v[i]) = RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})$ концепт, связанный с вершиной $v[i]$, однозначно сопоставляется (ассоциирован) с концептом, соответствующим вершине $v[j]$, а поэтому возбуждение вершины $v[j]$ происходит без потерь.

Таким образом, изменяя значение коэффициента mem , ЦПП может управлять глубиной распространения ассоциативного возбуждения, а точнее – увеличивать её.

Учитывая введённые отношения (4),(2) и (6):

$$k_{\langle v[i], v[j] \rangle} = \frac{RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})}{BV(v_{\langle i, iv, brt \rangle})} \times \frac{RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})}{Sum_r},$$

$$Sum_k_{v[j]} = Sum_k_{v[i]} \times k_{\langle v[i], v[j] \rangle},$$

$$M\left(mem, k_{\langle v[i], v[j] \rangle}\right) = mem + k_{\langle v[i], v[j] \rangle} (1 - mem)$$

отношение расчёта коэффициента ослабления распространения ассоциативного сигнала по конкретному ребру $l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}$ АРС для вершины $v[j]$ можно представить в следующем виде (7):

$$\begin{aligned} Sum_k_{v[j]} &= SUM - K\left(v[i], Sum_k_{v[i]}, mem, l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}, Sum_r\right) = \\ &= Sum_k_{v[i]} \times \left(mem + \frac{RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})}{BV(v_{\langle i, iv, brt \rangle})} \times \frac{RL(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle})}{Sum_r} \times (1 - mem) \right) \end{aligned} \quad (7)$$

Следует отметить, что любое обращение к онтологии сводится к обращению к определённому концепту (или к группе концептов), либо к его (их) добавлению в онтологию с соответствующими ролями. Обращение к

концептам онтологии может провоцироваться Внешним Миром, т.е. в результате наблюдения, обучения (общения с другими системами, в том числе с Учителем), получения практического опыта и т.п., а может стать результатом интеллектуальной деятельности самой системы, т.е. обращение к концепту может быть осуществлено в ходе навигации по онтологии и манипулирования знаниями, представленными в ней. При этом следует помнить о том, что (**Аксиома 2**): любое обращение к онтологии ведёт к изменению параметров однозначно связанной с ней ассоциативной ресурсной сети.

Модель процессов “забывания” знаний

Процедура “забывания” может инициироваться в нескольких случаях:

- при достижении суммарной пропускной способности ребер APC (r_{sum}^{buf}), поднятых из долговременной памяти в эпизодический буфер, определённого порогового значения r_{MAX} ;

- при достижении суммарной яркости вершин графа APC (brt_{sum}^{buf}), перенесённых в Эпизодический Буфер, определённого порогового значения brt_{MAX} .

Результат выбора того или иного решающего правила непринципиален и сказывается в большей мере лишь на реализации правила в конкретной системе.

Пусть процедура “забывания” инициируется в случае $brt_{sum} = brt_{MAX}$ и состоит в пересчёте пропускных способностей всех рёбер APC и яркостей её вершин. Для её реализации необходимо:

1. Рассчитать суммарную пропускную способность рёбер APC:

$$r_{sum} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N RL \left(l_{\langle tl, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle} \right).$$

2. Рассчитать суммарную яркость вершин APC: $brt_{sum} = \sum_{id=1}^N BV(v[id]).$

3. Пересчитать пропускную способность для каждого из рёбер:

$$r = \frac{RL\left(l_{\langle il, v[i], v[j], dir, cnt, r \rangle}\right)}{r_{sum}} \times 10^{[\lg(r_{MAX})]-1},$$

где $[\lg(r_{MAX})]$ – обозначает округление результата до большего целочисленного значения.

$$4. \text{ Пересчитать яркость каждой из вершин: } brt = \frac{BV(v[id])}{brt_{sum}} \times 10^{[\lg(brt_{MAX})]-1}.$$

С помощью предложенной перенормировки в сети происходит естественное забывание информации.

Исходя из приведённых формул следует, что в случае, если за период между двумя последовательными перенормировками определённые концепты и роли их связывающие ни разу не затрагивались в ходе интеллектуальной деятельности системы, то пропускная способность рёбер и яркость вершин АРС, однозначно связанной с онтологией, уменьшается в 10 раз. Если некая связь между концептами была скорее случайной, чем закономерной, сила ассоциации между такими концептами со временем станет исчезающе малой, но сама связь не исчезнет вовсе (см. Аксиому 1). Очевидно, что те концепты и связи (роли) между ними, которые всё время подкрепляются, будут обладать наибольшими яркостями и пропускными способностями, а соответственно будут наиболее доступными при интеллектуальном поиске.

Выводы

Разработанная модель ассоциативной ресурсной сети, функционирующей параллельно с онтологией, позволяет формализовать механизм направленного извлечения фрагментов ассоциативно связанных знаний из долговременной памяти интеллектуальной системы. Предложенная модель распространения ассоциативного сигнала по АРС способствует учёту контекстов при извлечении и интерпретации знаний, представленных в памяти киберсистемы, а также позволяет описать процесс “забывания” редко используемых и ложных знаний, путём снижения уровня их доступности. Полученные результаты в

совокупности позволяют реализовать процедуру направленной обработки знаний интеллектуальной системой.

Литература

1. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень /С. О. Субботін // Навчальний посібник. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. - 341 с.

2. Жиликова Л.Ю. Модель ассоциативной памяти, основанная на динамической ресурсной сети // Материалы конференции «Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах (УТЭОСС-2012)». СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». 2012. С. 1160-1163.

3. Hebb D. Intelligence, brain and the theory of mind. Brain. 1959.Vol. 82. Pp. 138-145.

4. Жиликова Л.Ю. Поиск в ассоциативной модели памяти // IX Международная конференция имени Т.А.Таран ИАИ-2009. Киев: Просвіта. 2009. С. 124-130.

5. Бирюков Д.Н., Ломако А.Г. Подход к построению систем информационной безопасности, способных синтезировать сценарии упреждающего поведения в информационном конфликте // Защита информации. INSIDE. 2014. №6. С. 42-50.

6. Бирюков Д.Н., Ломако А.Г. Формализация семантики для представления знаний о поведении конфликтующих сторон // Материалы 22-й научно-практической конференции “Методы и технические средства обеспечения безопасности информации”. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2013. С. 8-11.

7. Бирюков Д.Н. Когнитивно-функциональная спецификация памяти для моделирования целенаправленного поведения киберсистем // Труды СПИИРАН. 2015. № 3(40). С. 55-76.

8. Cowan N. Working memory capacity. *Cognition & Emotion*. 2005. Vol. 2. No. 2. Pp.145–154.

References

1. Subbotin S. O., *Predstavlenie i obrabotka znaniy v sistemakh iskusstvennogo intellekta i prinyatiya resheniy* [Representation and processing of knowledge in artificial intelligence systems and decision support. Zaporozhye: ZNTU. 2008. 341 p. (In Russian).

2. Zhilyakova L.Yu. *Model' asociativnoj pamyati, osnovannaya na dinamicheskoy resursnoy seti* [The model of associative memory based on a dynamic resource network]. St. Petersburg: SSC RF JSC "Concern "CRI "Electropribor". 2012. Pp. 1160-1163. (In Russian).

3. Hebb D. Intelligence, brain and the theory of mind. *Brain*. 1959.Vol. 82. Pp. 138-145.

4. Zhilyakova L.Yu. *Poisk v asociativnoj modeli pamyati* [Search in associative memory models]. Kiev: Education. 2009. Pp. 124-130. (In Russian).

5. Biryukov D.N., Lomako A.G. *Podhod k postroeniyu sistem informacionnoj bezopasnosti, sposobnyh sintezirovat' scenariy uprezhdayushchego povedeniya v informacionnom konflikte* [The approach to construction of information security systems that are capable of synthesizing scenarios of anticipatory behavior in information conflict]. *Information security. INSIDE*. 2014. No 6. Pp. 42-50. (In Russian).

6. Biryukov D.N., Lomako A.G. *Formalizatsiya semantiki dlya predstavleniya znaniy o povedenii konfliktuyushchih storon* [Formalization of semantics for representation of knowledge about the behavior of the conflicting parties]. St. Petersburg: Publishing house Polytechnic University. 2013. Pp. 8-11. (In Russian).

7. Biryukov D.N. *Kognitivno-funktsional'naya spetsifikatsiya pamyati dlya modelirovaniya celenapravlennoy povedeniya kibersistem* [Cognitive-functional

specification memory for modeling the purposeful behavior of cyber systems].
Proceedings of SPIIRAS. 2015. No 3(40). Pp. 55-76. (In Russian).

8. Cowan N. Working memory capacity. Cognition & Emotion. 2005. Vol. 2. No. 2. Pp.145–154.

Сведения об авторах:

Бирюков Денис Николаевич, профессор Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского, к.т.н.

Пилькевич Сергей Владимирович, докторант Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского, к.т.н.

Сабиров Тимур Римович, адъюнкт Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского

Глухов Александр Петрович, начальник департамента информационной безопасности ОАО «РЖД», к.т.н.

Information about authors:

Biryukov D.N., Ph.D, professor in Department of Systems for collecting and processing information, Military Space Academy;

Pilkevich S.V., Ph.D., doctoral student, Military Space Academy;

Sabirov T.R., graduate student of Department of Systems for collecting and processing information, Military Space Academy;

Gluhov A.P., Ph.D., head of Department of Information security, JSC «RZhD».

Контактная информация:

тел.: +7-812-347-96-87, e-mail: biryukov.d.n@yandex.ru, ФГКВОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» МО РФ, 197198, г. Санкт-Петербург, Россия., <http://vkamil.ru/>

тел.: +7-812-347-96-87, e-mail: gie76@yandex.ru, Открытое акционерное общество "Российские железные дороги", 107174, Москва, Новая Басманная ул., д. 2, <http://rzd.ru/>