Приобретение и пополнение знаний: операции в знаковой картине мира

Г. С. Осипов, А. И. Панов

ФИЦ ИУ РАН, пр. 60-летия Октября, 9, gos@isa.ru

1 сентября 2016 г.

В работе представлен новый подход к интеграции знаний субъекта деятельности о внешней среде, своих характеристиках и операциями на основе этих знаний - знаковая картина мира. Основным элементом картины мира является четырехкомпонентная структура - знак, существование и строение которого подтверждается как психологическими теориями, так и нейрофизиологическими данными. В работе вводится специальная математическая структура - каузальная матрица, которая описывает строение компонент знака. Предложены алгоритмы пополнения отношений на множестве знаков, определены операции в знаковой картине мира, которые моделируют важные психологические особенности поведения человека.

Ключевые слова: знаковая картина мира, образ, значение, личностный смысл, каузальная матрица, семиотическая сеть.

Введение

Про постановку задачи [2; 3].

Психологические и нейрофизиологические основания трехкомпонентной структуры знака (Станович, Гроссберг и др. более новые).

1. Картина мира

Про компоненты знака, функции связывания и три типа картин мира.

Введем два знака, которые мы будем рассматривать на протяжении всей статьи в качестве примеров, иллюстрирующих положения, которые приводятся в настоящей работе (квадрат, выстрел).

2. Строение компонент знака

Далее рассмотрим структуру компонент знака на примере образной компоненты, которая участвует в распознавании представляемого объекта или процесса на основе поступающей из внешней среды сенсорной информации и регистрируемой внутренними сенсорами моторной информации (в результате распознавания образа знака происходит актуализация знака). До именования знак будем называть протознаком или признаком.

Предположим, что во входном потоке данных выделена последовательность $(x_1, x_2, \ldots, x_h)$ длины h векторов действительных чисел от 0 до 1, которые будем называться *событиями*. Каждое событие x_t длины q представляет собой запись выходов от q сенсоров, а каждый элемент события означает уверенность в срабатывании данного сенсора. Например, событие $(0.1, 0.9, 0.9)$ поступает с трех сенсоров - датчиков красного, синего и зеленого света - и означает, что уверенность в срабатывании датчика красного света составляет 10%, а синего и зеленого - по 90%.

Образная компонента знака должна по входной последовательности данных определить, присутствует ли (закодирован ли) представляемый объект или процесс в этой последовательности. Для этого мы будем кодировать характерные признаки объекта или процесса в специальной структуре - каузальной матрице $z = (e_1, e_2, \ldots, e_h)$ размерности q на h, где q - размерность входных событий, а h - длина последовательности входных событий. При этом каждый столбец e_t каузальной матрицы является бинарным вектором длины q и кодирует те признаки (которым соответствуют 1), которые необходимо должны присутствовать во входном событии в момент времени t, чтобы представляемый объект или процесс мог быть распознан во входном потоке данных, т.е. задают множество одновременных характерных признаков. Например, образу знака s, представляющему объект «квадрат», может соответствовать каузальная матрица

$$z = ((1, 0, 1, 1, 0), (1, 1, 0, 1, 0), (1, 1, 0, 0, 1), (1, 0, 1, 0, 1)),$$

где первая строка является характеристическим вектором информации с датчика углов на изображении, вторая - с датчика положения визуального сенсора (верхнее положение), третья - нижнее положение сенсора, четвертая - левое положение сенсора, пятая -

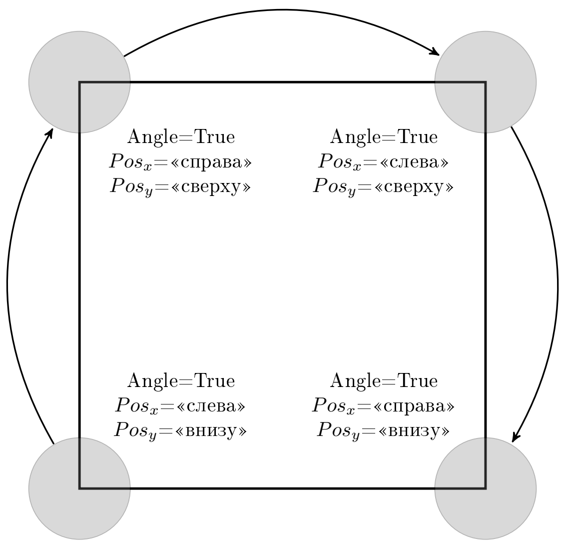

Рис. 1: Визуальная интерпретация каузальной матрицы

правое положение (см. рис.2).

Образу каждого знака может соответствовать несколько каузальных матриц, которые задают различные прецеденты наблюдения во внешней среде представляемого объекта или процесса. Весь кортеж каузальных матриц образа знака s будем обозначать как $Z^p(s)$.

Случай, когда характерными признаками образа данного знака выступают данные с сенсоров, является частным. В более общей постановке, признаками, образующими образ знака служат другие знаки, которые соответствуют этим характерным признакам. Таким образом, мы можем сопоставить образу p знака s множество $S_p(s)$ мощности q, каждому элементу которого соответствует номер строки каузальной матрицы z размера q на h, т.е. каждому признаку $s_i \in S_p(s)$ соответствует характеристический бинарный вектор, задающий на местах единиц те дискретные моменты времени, в которые данный

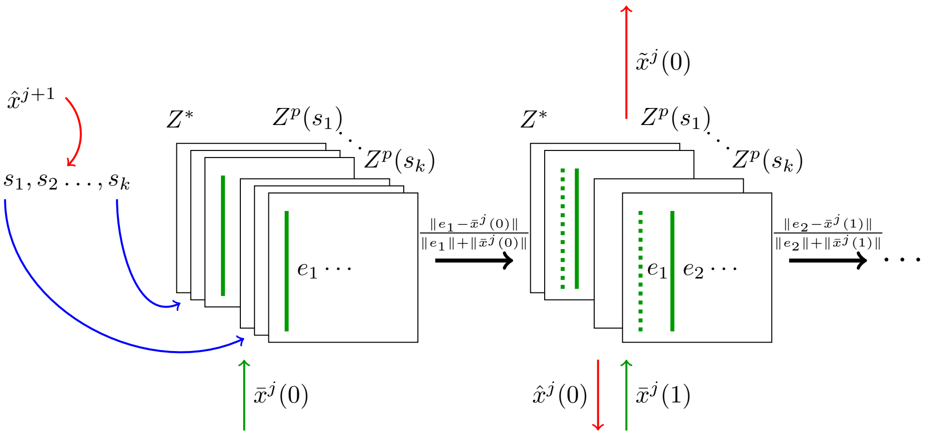

Рис. 2: Схема алгоритма актуализации знака

признак должен присутствовать во входных данных, чтобы успешно актуализировать знак (распознать образ знака) s.

Для уточнения определения множества $S_p(s)$ введем семейство вложенных бинарных отношений $\{\sqsubset_p, \sqsubset_p^1, \sqsubset_p^2, \dots\}$, определённых на множестве знаков S. Будем считать, что знак s_i *является элементом образа* знака s, $(s_i, s) \in \sqsubset_p$ или $s_i \sqsubset_p s$, в том случае, если $s_i \in S_p(s)$. Если известно, что знаку s_i соответствует единица в t-м столбце некоторой каузальной матрицы $z \in Z^p(s)$ знака s, то будем использовать вложенное отношение $\sqsubset_p^t \subset \sqsubset_p$.

2.1. Актуализация знака

Кратко опишем работу алгоритма актуализации знака (распознавания образа знака) по рис. 2. Будем считать, что образы знаков сгруппированы по сходству множеств $S_p(s)$ в узлы, которые организованы в иерархические структуры (подробнее см. [4]).

Require: $\tau_s, \hat{x}^{j+1}(\tau_s), \omega^j$ - функция входов.
Ensure: φ^j - функция ожиданий на нижний уровень иерархии, $\vec{\eta}^j$ - функция выходов.

1: $F^* = \varnothing, Z^* = \varnothing, t = 0$;
2: $c_1 \in (0,1), c_2 \in (0,1)$;
// определение начального состояния
3: **for all** компонент $\hat{x}_k^{j+1}$ вектора $\hat{x}^{j+1}(\tau_s) = (\hat{x}_1^{j+1}, \hat{x}_2^{j+1}, \ldots, \hat{x}_l^{j+1})$ **do**
4:     **if** $\hat{x}_k^{j+1} \geq c_1$ **then**
5:         $F^* = F^* \cup \{s_k\}$;
6: $\bar{x}(0) := \omega^j(\tau_s)$;
7: **for all** знаков $s_k \in F^*$ **do**
8:     **for all** каузальных матриц $z \in Z^p(s_k)$ **do**
9:         **if** $\frac{\|e_1 - \bar{x}^j(0)\|}{\|e_1\| + \|x^j(0)\|} < c_2$ **then**
10:             $Z^* := Z^* \cup \{z\}$;
11: Z^* - начальное состояние узла;
12: $\bar{N} = (|\{z | z \in Z^*, z \in Z^p(s_1)\}|, \ldots, |\{z | z \in Z^*, z \in Z^p(s_l)\}|)$;
13: $\eta(0) := \tilde{x}^j = W(\bar{N})$;
14: $\varphi^j(0) := \hat{x}^j = W(\sum_{s_k \in F^*} \hat{x}_k^{j+1} \sum_{z \in Z^*} e_2(z))$;

Вычислительный цикл распознавания в узле уровня j начинается с определения начального состояния узла при помощи действительно вектора с верхнего уровня иерархии - вектора ожиданий $\hat{x}^{j+1}(\tau_s)$, формируемого на основе состояния узла верхнего уровня (шаги 3–14) в момент времени τ_s. Начальное состояние определяется как подмножество таких знаков, образы которых предсказываются на основе вектора ожиданий. Введем некоторую константу c_1, которая определяет порог предсказываемого веса распознаваемых образов, выше которого соответствующие каузальные матрицы попадают во множество активных матриц Z^* (шаг 4). Далее производится отбор тех каузальных матриц из множества активных, для которых обычное расстояние по норме $\|x\| = \sum_i |x_i|$ первого столбца e_1 от входного вектора $\bar{x}^j(0)$ в начальный момент времени не превышает некоторой константы c_2 (шаг 9). Обновленное множество полученных таким образом активных каузальных матриц является текущим состоянием узла (шаг 11). На основе активных каузальных матриц методом голосования вычисляется выходной вектор узла в начальный момент времени $\tilde{x}^j(0)$ (шаги 12 – 13).

Вектор ожиданий $\hat{x}^j(0)$ определяется как нормированный вектор, s-ый компонент которого равен сумме всех s-ых элементов вторых колонок активных каузальных матриц с весами, соответствующими элементам вектора ожиданий $\hat{x}^{j+1}(\tau_s)$ (шаг 14). Т.к. используется представление о будущем входном сигнале (вторая колонка каузальных матриц), то $\hat{x}^j(0)$ является вектором ожиданий для нижнего уровня иерархии.

// основной цикл
15: $t = 1$;
16: **while** $t \leqslant h^j - 1$ **do**
17: $\quad \bar{x}^j := \omega(t)$;
18: $\quad$ **for all** каузальных матриц z из множества Z^* **do**
19: $\quad\quad$ **if** $\frac{\|e_t - \bar{x}^j(t)\|}{\|e_t\| + \|\bar{x}^j\|} \geqslant c_2$ **then**
20: $\quad\quad\quad Z^* = Z^* \setminus \{z\}$;
21: $\quad Z^*$ - текущее состояние;
22: $\quad \bar{N} = (|\{z | z \in Z^*, z \in Z^p(s_1)\}|, \ldots, |\{z | z \in Z^*, z \in Z^p(s_l)\}|)$;
23: $\quad \eta(t) := \tilde{x}^j = W(\bar{N})$;
24: $\quad t = t + 1$;
25: $\quad$ **if** $t \leqslant h^j - 2$ **then**
26: $\quad\quad \varphi^j(t) := \hat{x}^j = W(\sum_{s_k \in F^*} \hat{x}_k^{j+1} \sum_{z \in Z^*} \bar{e}_t(z))$;
return $\varphi^j, \vec{\eta}^j$.

После определения начального состояния начинает выполняться тело основного цикла, в котором до тех пор, пока время не превысит характерное время узла h^j (число столбцов каузальных матриц) повторяется вычисление выходного вектора и состояния в следующий момент времени (шаги 16–26). В начале обновляется состояние, т.е. множество активных каузальных матриц Z^*, за счёт удаления тех матриц, соответствующие столбцы которых достаточно сильно отличаются от текущего входного вектора $\bar{x}^j(t)$ (шаг 19). Далее методом голосования по количеству матриц в множестве активных каузальных матриц, отвечающих за соответствующий образ, вычисляется выходной вектор $\tilde{x}^j(t)$ (шаги 22–23).

В завершение тела основного цикла вычисляется выходной вектор ожиданий в следующий момент времени $\hat{x}^j(t)$. Вектор ожиданий равен нормированному вектору, элементы которого равны сумме элементов столбцов всех активных кауазальных матриц, соответствующих текущему моменту времени с учётом весов начального вектора ожиданий $\hat{x}^{j+1}(\tau_s)$ (шаг 26).

2.2. Каузальная сеть

Введем специальную процедуру $\Lambda_p : 2^Z \to 2^{\mathbb{N}} \times 2^{\mathbb{N}}$, которая каждому кортежу каузальных матриц $Z^p(s) \subset Z$ образа знака s ставит в соответствие два не пересекающихся подмножества индексов столбцов $I^c \subset \mathbb{N}, \forall i \in I^c\ i \leq h$ и $I^e \subset \mathbb{N}, \forall i \in I^e\ i \leq h$: $\Lambda_p(Z^p(s)) = (I^c, I^e)$ таких, что $I^c \cap I^e = \varnothing$. Множество I^c будем называть индексами столбцов условий, а множество I^e - индексами столбцов эффектов. Например, если для кортежа матриц $Z = \{((1,0),(0,1))\}$ процедура Λ_p выдает два множества $\{1\}$ и $\{2\}$, то это означает, что появление признака, соответствующего первой строке матрицы, вызывает появление признака, соответствующего второй строке. Процедура Λ_p, таким образом, устанавливает причинно-следственное отношение на множестве входных событий и может реализовываться различными способами, в т.ч. на основе алгоритмов Норриса, FCO и др. (см. [1])

В том случае, когда для матриц $Z^p(s)$ образа знака s множество столбцов эффектов не пусто $I^e \neq \varnothing$, будем считать, что знак представляет некоторое действие или процесс, результат которого кодируется в столбцах эффектов, а условие - в столбцах условий (соответствующий знак является процедурным). В противном случае, когда для матриц $Z^p(s)$ образа знака s множество столбцов эффектов пусто $I^e = \varnothing$, т.е. когда по данному кортежу каузальных матриц невозможно однозначно определить, какие события предшествуют другим, будем считать, что причинно-следственная связь не установлена и знак представляет некоторый объект или ситуацию (соответствующий знак является объектным).

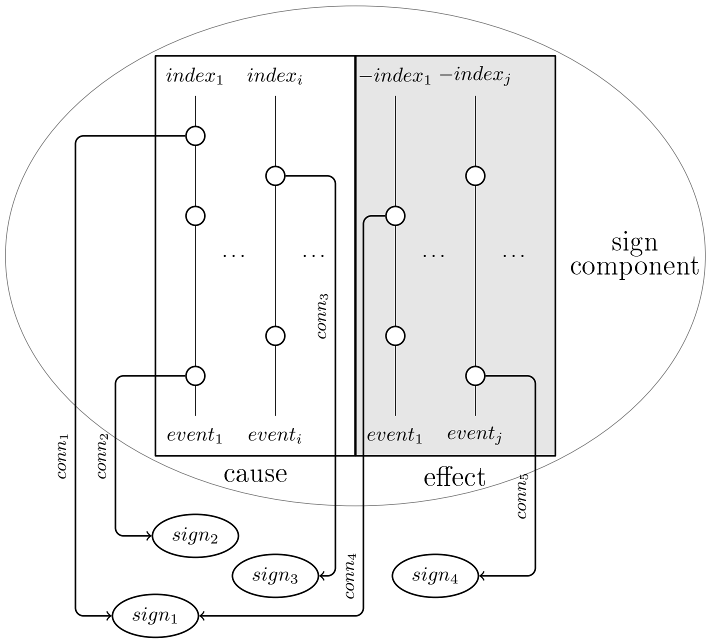

Рис. 3: Пример каузальной матрицы

Справедливы следующие утверждения относительно свойств процедуры Λ_p:

- $I^c \cap I^e = \varnothing$ — столбец каузальной матрицы не может быть одновременно и условием и эффектом,
- $|I^c \cup I^e| = h$ — других типов столбцов, кроме столбцов условий и эффектов, нет,

- $I^c \neq \varnothing$ — среди столбцов каузальной матрицы должен быть хотя бы один столбец условий, в то время как эффектов может и не быть (в случае объектных признаков),
- $\forall i \in I^e, j \in I^c\ i > j$ — все условия предшествуют эффектам по времени.

Переходя к языку, принятому в искусственном интеллекте, каузальная матрица z образа знака s является правилом $r = (F_C(z), F_A(z), F_D(z))$, в котором:

- $F_C(z) \subseteq S_p(s)$ — множество признаков - условий правила: $\forall f \in F_C(z)\ f \sqsubset_p^i s, i \in I^c$;
- $F_A(z) \subseteq S_p(s)$ — множество добавляемых правилом признаков: $\forall f \in F_A(z)\ f \sqsubset_p^i s, i \in I^e, f \not\sqsubset^j f_p, j \in I^c$;
- $F_D(z) \subseteq S_p(s)$ — множество удаляемых правилом признаков: $\forall f \in F_D(z)\ f \not\sqsubset^i s, i \in I^e, f \sqsubset^j s, j \in I^c$.

Пример каузальной матрицы, с учетом выше сказанного, приведен на рис. 3.

Теперь введем понятие каузальной сети, которая будет определять гетерархию на множестве образов. Каузальная сеть $W_p = \langle V_p, E_p \rangle$ - является помеченным ориентированным графом, в котором

- каждому узлу $v \in V_p$ ставится в соответствие кортеж казуальных матриц $Z^p(s)$ образа некоторого знака s, что будем обозначать как $v \to Z^p(s)$;
- ребро $e = (v_1, v_2)$ принадлежит множеству ребер графа E, если $v_1 \to Z^p(s_1), v_2 \to Z^p(s_2)$ и $s_1 \in S_p(s_2)$, т.е. если знак s_1 является элементом образа s_2;

- каждому ребру графа $e = (v_1, v_2), v_1 \to Z^p(s_1), v_2 \to Z^p(s_2)$ ставится в соответствие метка $\epsilon = (\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3)$ - кортеж трех натуральных чисел:
  - ϵ_1 - индекс исходной матрицы в кортеже $Z^p(s_1)$, может принимать специальное значение 0, если исходными могут служить любые матрицы из кортежа;
  - ϵ_2 - индекс целевой матрицы в кортеже $Z^p(s_2)$, строка которой ставится в соответствие признаку s_1;
  - ϵ_2 - индекс столбца в целевой матрице, в которой в соответствующей признаку s_1 строке стоит 1, может принимать положительные значения (столбцы условий) и отрицательные (столбцы эффектов).

Пример такой сети изображен на рис. 4.

Аналогичным образом определяются каузальные сети для остальных компонент знака - для значения и личностного смысла. Для каждого знака s задаются множества $S_m(s)$ и $S_a(s)$, т.е. определяются семейства вложенных отношений $\{\sqsubset_m, \sqsubset_m^1, \sqsubset_m^2, \dots\}$ - *являться элементом значения*, и $\{\sqsubset_a, \sqsubset_a^1, \sqsubset_a^2, \dots\}$ - *являться элементом смысла*. Множество $S_m(s)$ интерпретируется как ролевой состав знака s, например, элементы подкласса или роль действия. Множество $S_a(s)$ интерпретируется как мгновенный компонентный состав некоторой ситуации, наблюдаемой и переживаемой субъектом, носителем картины мира, в настоящее время. Аналогично определяются множества $Z^m(s)$, $Z^a(s)$, процедуры Λ_m и Λ_a.

Три типа каузальных сетей отличаются друг от друга отношениями, которые генерируются на основе этих сетей на соответствующем множестве компонент знаков, опера-

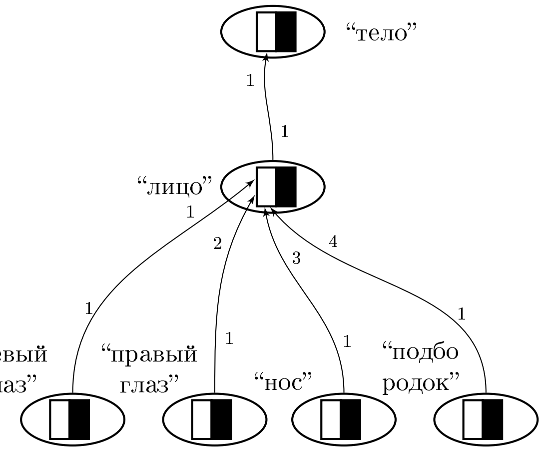

Рис. 4: Схема каузальной сети. Здесь каузальные матрицы изображены в виде квадратов, столбцы условий - левая белая часть квадрата, столбцы эффектов - черная правая часть квадратов. Метка ϵ_1 отображается в начале каждой стрелки, метка ϵ_2 определяется как номер квадрата, к которому идет стрелка, а метка ϵ_3 отображается в конце каждой стрелки.

циями, которые выполняются на этих сетях, и той ролью, которую они играют при реализации когнитивных функций, например, планирования поведения [в печати]. Теперь мы можем дать формальное определение знака с использованием введенного формализма каузальных матриц и каузальных сетей.

***Определение* 1.** *Знаком будем называть четверку $s = \langle n, p, m, a \rangle$, где n - имя знака, $p = Z^p$ - образ знака, т.е. кортеж каузальных матриц, которым соответствует некоторый узел каузальной сети на образах, $m = Z^m$ - значение знака, т.е. кортеж каузальных матриц, которым соответствует некоторый узел каузальной сети на значениях, $a = Z^a$ - образ знака, т.е. кортеж каузальных матриц, которым соответствует некоторый узел каузальной сети на личностных смыслах.*

Далее мы будем считать, что каждый знак обладает значением, т.е. $Z^m \neq \varnothing, S_m \neq \varnothing$. В том случае, когда у знака нет образа, т.е. $Z^p = \varnothing, S_p = \varnothing$, будем называть такой знак *абстрактным*. Наконец, в том случае, когда у знаку не присвоен личностный смысл, т.е. $Z^a = \varnothing, S_a = \varnothing$, будем называть его *экстериоризированным*.

3. Семиотическая сеть

Далее определим три семейства бинарных отношений на множестве знаков, которые генерируются на основе структуры фрагментов трех типов каузальных сетей, к которым принадлежат соответствующие компоненты знаков.

3.1. Отношения на множестве образов

Начнем с определения отношений на множестве знаков, генерируемых на основе каузальной сети на образах. Для этого потребуется определения равенства, сходства, включения и противопоставления двух каузальных матриц:

***Определение* 2.** *Две каузальных матрицы z_1 и z_2 равны ($z_1 = z_2$) тогда и только тогда, когда размерности матриц равны, множества индексов столбцов эффектов и условий совпадают $\Lambda(z_1) = \Lambda(z_2)$ и каждый бинарный вектор e_t^1, столбец матрицы z_1, равен соответствующему по порядку бинарному вектору e_t^2, столбцу матрицы z_2.*

***Определение* 3.** *Две каузальных матрицы z_1 и z_2 обладают сходством ($z_1 \sim z_2$) тогда и только тогда, когда существуют такие два бинарных вектора e_i и e_j, столбца матриц z_1 и z_2, что они равны $e_i = e_j$ и они одновременно являются либо столбцами условий*

$i \in I^c(z_1), j \in I^c(z_2)$, либо столбцами эффектов $i \in I^e(z_1), j \in I^e(z_2)$.

***Определение* 4.** *Каузальная матрица z_1 включена в каузальную матрицу z_2 ($z_1 \subseteq z_2$) тогда и только тогда, когда для любого бинарного вектора e_i, столбца матрицы z_1, существует бинарный вектор e_j, столбец матрицы z_2, такой, что $e_i | e_j = e_j$ ($|$ - операция побитового «или») и они одновременно являются либо столбцами условий $i \in I^c(z_1), j \in I^c(z_2)$, либо столбцами эффектов $i \in I^e(z_1), j \in I^e(z_2)$.*

***Определение* 5.** *Две каузальных матрицы z_1 и z_2 противопоставлены друг другу ($z_1 \perp z_2$) тогда и только тогда, когда размерности матриц равны, множества индексов столбцов эффектов и условий совпадают $\Lambda(z_1) = \Lambda(z_2)$ и каждый бинарный вектор e^1_t, столбец матрицы z_1, не имеет пересечения с соответствующим ему по порядку бинарным вектором e^2_t, столбцом матрицы z_2, т.е. $e^1_t \& e^2_t = e_0$, где & - операция побитового «и», а e_0 - нулевой вектор той же длины, что и вектора e^1_t и e^2_t.*

Кроме уже введенного ранее семейства вложенных отношений «являться элементом образа» $\sqsubset_p, \sqsubset^1_p, \ldots$, на основе определений отношений на множестве каузальных матриц, зададим четыре отношения на множестве знаков S.

***Определение* 6.** *Пара знаков s_1 и s_2 принадлежит **отношению эквивалентности по образам** R^p_1, $(s_1, s_2) \in R^p_1$, если мощность кортежа $Z^p(s_1) = (z^1_1, z^1_2, ...)$ равна мощности кортежа $Z^p(s_2) = (z^2_1, z^2_2, ...)$ и каждая каузальная матрица первого кортежа равна соответствующей по порядку матрице второго кортежа, т.е. $|Z^p(s_1)| = |Z^p(s_2)|, \forall z^1_t \in Z^p(s_1)\ \exists z^2_t \in Z^p(s_2) : z^1_t = z^2_t$.*

Определение 7. *Пара знаков s_1 и s_2 принадлежит* ***отношению сходства по образу*** R^p_2, $(s_1, s_2) \in R^p_2$, *если для каждой каузальной матрицы z_i кортежа $Z^p(s_1)$ в кортеже $Z^p(s_2)$ найдется такая матрица z_j, что z_i обладает сходством с z_j, т.е.* $\forall z_i \in Z^p(s_1)\ \exists z_j \in Z^p(s_2) : z_i \sim z_2$.

Определение 8. *Пара знаков s_1 и s_2 принадлежит* ***отношению включения по образу*** R^p_3, $(s_1, s_2) \in R^p_3$, *если для каждой каузальной матрицы z_i кортежа $Z^p(s_1)$ в кортеже $Z^p(s_2)$ найдется такая матрица z_j, что z_i будет включена в z_j, т.е.* $\forall z_i \in Z^p(s_1)\ \exists z_j \in Z^p(s_2) : z_i \subseteq z_2$.

Определение 9. *Пара знаков s_1 и s_2 принадлежит* ***отношению противопоставления по образу*** R^p_4, $(s_1, s_2) \in R^p_4$, *если мощность кортежа $Z^p(s_1) = (z^1_1, z^1_2, ...)$ равна мощности кортежа $Z^p(s_2) = (z^2_1, z^2_2, ...)$ и каждая каузальная матрица первого кортежа противопоставлена соответствующей по порядку матрице второго кортежа, т.е.* $|Z^p(s_1)| = |Z^p(s_2)|, \forall z^1_t \in Z^p(s_1)\ \exists z^2_t \in Z^p(s_2) : z^1_t \perp z^2_t$.

Таким образом, семейство отношений R^p на множестве образов состоит из отношений «являться элементом образа», эквивалентности, сходства, включения и противопоставления по образу.

3.2. Отношения на множестве значений

К семейству отношений R^m на множестве значений отнесем вложенные отношения «являться элементом значения» $\sqsubset_m, \sqsubset^1_m, \ldots$ и аналогичные случаю с образами - отношения эквивалентности R^m_1, сходства R^m_2, включения R^m_3 и противопоставления R^m_4 по значению.

Кроме того, важную роль на сети значений при моделировании когнитивных функций играют следующие два отношения: отношение классификации R_5^m, причинно-следственное отношение R_6^m и сценарное отношение R_7^m.

Определение* 10.** *Пара знаков s_1 и s_2 принадлежит* ***отношению классификации R_5^m*, $(s_1, s_2) \in R_5^m$, если s_1 - абстрактный объектный знак и существует только одна каузальная матрица значения знака s_1 с единственным столбцом, в котором только одна единица, соответствующая знаку s_2, т.е.* $Z^p(s_1) = \varnothing, I^e(s_1) = \varnothing, \exists z \in Z^m(s_1) : h(z) = 1, |e_1(z)| = 1, s_2 \sqsubset_m^1 s_1$.

Определение* 11.** *Пара знаков s_1 и s_2 принадлежит* ***сценарному отношению R_6^m*, $(s_1, s_2) \in R_6^m$, если s_1 - процедурный знак, s_2 - объектный знак, возможно, абстрактный, и знак s_2 является элементом значения знака s_1, т.е.* $I^e(s_1) \neq \varnothing, I^e(s_2) = \varnothing, s_2 \sqsubset_m s_1$.

Примеры элементов отношений R_5^m и R_6^m приведены на рис.

3.3. Отношения на множестве личностных смыслов

К семейству отношений R^a на множестве личностных смыслов отнесем вложенные отношения «являться элементом смысла» $\sqsubset_a, \sqsubset_a^1, \ldots$ и аналогичные случаю с образами - отношения эквивалентности R_1^a, сходства R_2^a, включения R_3^a и противопоставления R_4^a по смыслу.

Также на множестве личностных смыслов введем ситуационное отношение R_5^a.

Определение* 12.** *Пара знаков s_1 и s_2 принадлежит* ***ситуационному отношению R_5^a*, $(s_1, s_2) \in R_5^a$, если s_1 - процедурный знак, s_2 - не абстрактный объектный знак, и знак s_2*

является элементом смысла знака s_1, т.е. $I^e(s_1) \neq \varnothing, I^e(s_2) = \varnothing, S_p(s_2) = \varnothing, s_2 \sqsubset_a s_1$.

Пример элемента отношения R_5^a приведен на рис.

3.4. Семиотическая сеть

Будем называть *семиотической сетью* пятерку $\Omega = \langle W_p, W_m, W_a, R, \Theta \rangle$, где

- W_p, W_m, W_a - соответственно каузальные сети на множестве образов, значений и личностных смыслах,
- R - семейство отношений на множестве знаков, сгенерированных на основе трех каузальных сетей, т.е. $R = \{R^p, R^m, R^a\}$,
- Θ - семейство операций на множестве знаков, которые будут определены ниже.

4. Операции в семиотической сети

Мы определим ряд операций, которые функционируют в картине мира и генерируют новый знак на основе компонент двух входных знаков. Другими словами, генерация, например, нового образа на основе двух образов других знаков, влечет за собой формирование остальных компонент нового знака по определенным правилам, которые определяются данной операцией. Возможно описать целый ряд подобного рода операций, но в данной работе будут даны определения только для основных их них для каждой каузальной сети. Для простоты изложения будем далее считать, что каждая компонента знака характеризуется только одной каузальной матрицей. Также далее будет использована процедура образования нового знака, описанная в [2], которую здесь будем обозначать через Ψ.

4.1. Операция обобщения

Определим операцию *обобщения по образам* $\Theta^p : S \times S \to S$. Пусть $s_1 = \langle n_1, \{z_1^p\}, \{z_1^m\}, \{z_1^a\} \rangle >$, $s_2 = \langle n_2, \{z_2^p\}, \{z_2^m\}, \{z_2^a\} \rangle >$ - знаки такие, что $(s_1, s_2) \in R_1^p$, т.е. принадлежат отношению сходства. По определению 7 это означает, что $z_1^p \sim z_2^p$, т.е. каузальные матрицы обладают сходством. Определим новую каузальную матрицу z_3^p следующим образом: $z_3^p = (e_1^3, e_2^3, \dots, e_h^3)$, где каждого столбца e_i^3 найдется пара одинаковых столбцов матриц z_1^p и z_2^p: $\forall e_i^3\ \exists e_j^1, e_k^2$ такие, что $e_i^3 = e_j^1 = e_k^2, i \in I^c(z_3^p), j \in I^c(z_1^p), k \in I^c(z_2^p)$.

По сгенерированной паре матриц z_3^p z_3^m с помощью процедуры образования нового знака Ψ в результате операции Θ^p получаем новый знак s_3.

Пример: обобщение на сети образов для знаков «яблоко» и «апельсин» общее значение не включает в себя действие «чистить», т.к. не присутствуют все необходимые признаки в обобщенном образе (нет ссылки на знак «кожура»).

4.2. Операция замыкания по значению

4.3. Операция агглютинации смыслов

Заключение

Список литературы

1. *Kuznetsov S. O.*, *Ob”edkov S. A.* Comparing Performance of Algorithms for Generating Concept Lattices // ICCS’01 International Workshop on Concept Lattices-based KDD. — 2001. — С. 35—47.

2. *Осипов Г. С.*, *Панов А. И.*, *Чудова Н. В.* Управление поведением как функция сознания. I. Картина мира и целеполагание // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. — 2014. — № 4. — С. 49—62.

3. *Осипов Г. С.*, *Панов А. И.*, *Чудова Н. В.* Управление поведением как функция сознания. II. Синтез плана поведения // Известия Российский академии наук. Теория и системы управления. — 2015. — № 6. — С. 47—61.

4. *Панов А. И.* Алгебраические свойства операторов распознавания в моделях зрительного восприятия // Машинное обучение и анализ данных. — 2014. — Т. 1, № 7. — С. 863—874.