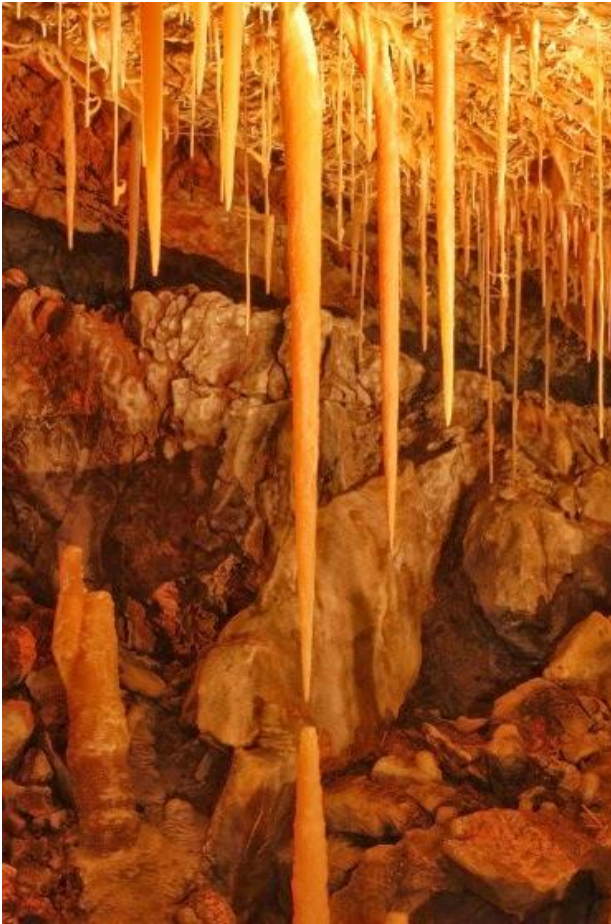


Моделирование когнитивных функций человека

Панов Александр, ИСА РАН

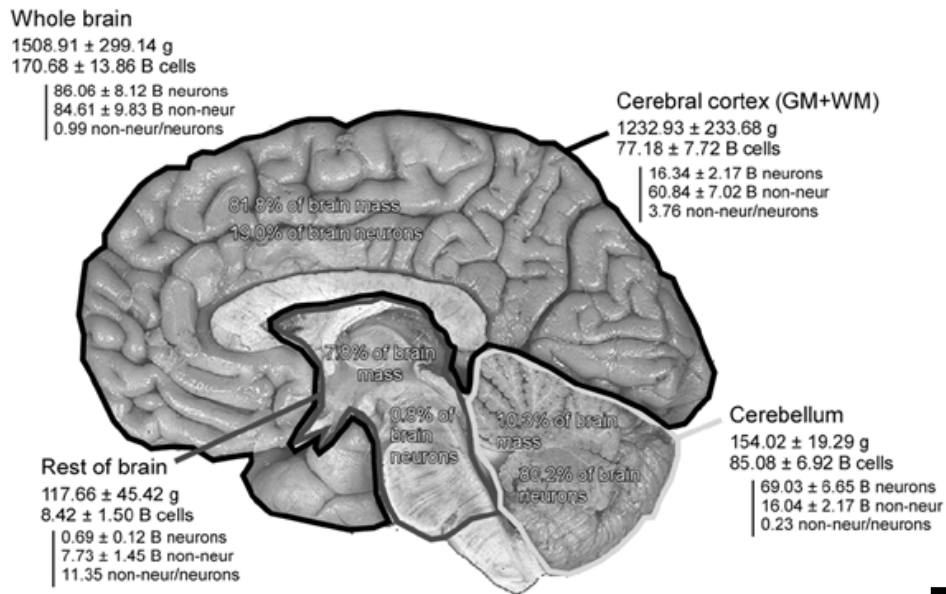
Лаб.0-2 «Интеллектуальные динамические системы»

Когнитивная наука: психология и нейрофизиология



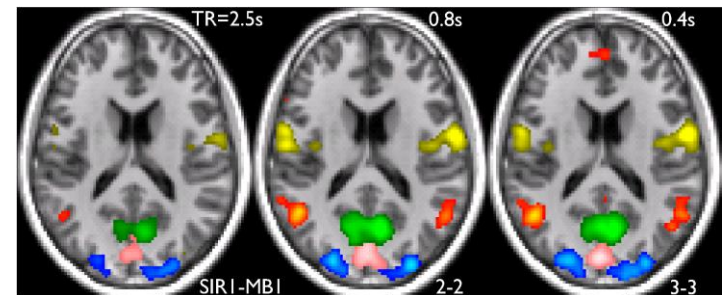
- Лат. *cognitio* – познание, шире – наука о том, как мыслит человек (высшие животные).
- Подходы bottom-up и top-down: от нейрона к сознанию и от сознания к восприятию.
- Конференции по когнитивным наукам:
 - ❑ International Conference on Cognitive Science – ICCS, МККН,
 - ❑ International Conference on Cognitive Science and Psychology – ICCSP,
 - ❑ Annual Cognitive Science Conference – CogSci,
 - ❑ Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures – BICA.

Изучение мозга и картирование когнитивных функций



- Проекты: Brainome (USA), Human Brain Project (EU), Одаренный мозг (Россия).

- Нейровизуализация: компьютерная томография, диффузная оптическая томография, (функциональная) магнитно-резонансная томография, магнитоэнцефалография, позитронно-эмиссионная томография.
- Пространственное (100 нейронов) и временное (1с) разрешение.

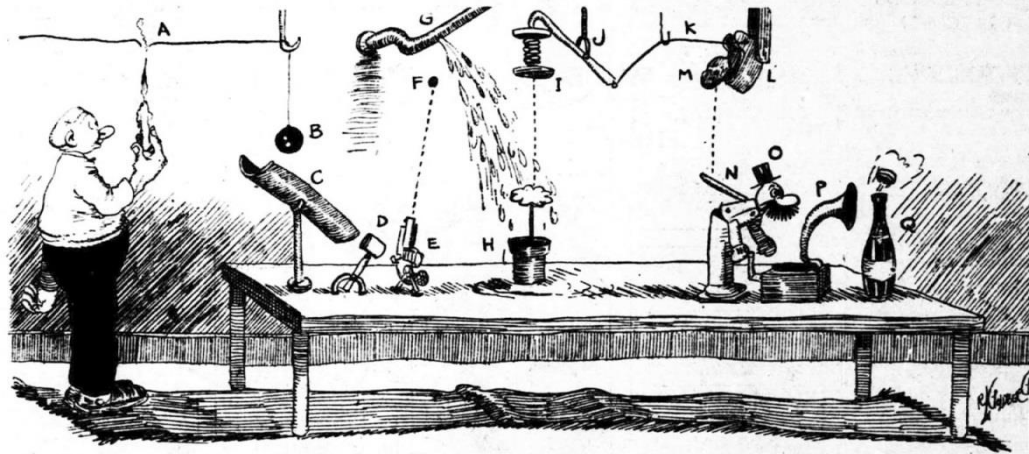


Экспериментальное исследование когнитивных функций

- Сенсорно-перцептивные процессы: локализация, айтрекинг, маскировка, «иконическая» память.
- Контроль действий: произвольное и не произвольное внимание, слепота к изменениям.
- Память: узнавание, воспроизведение, рабочая память.
- Представление знаний: категоризация, имплицитное знание.
- Коммуникация: развитие навыков речи и чтения, коммуникативные ситуации.
- Мышление: индукция, аналогия, прогноз, решение задач, эвристики, творчество.

Когнитивная наука и искусственный интеллект

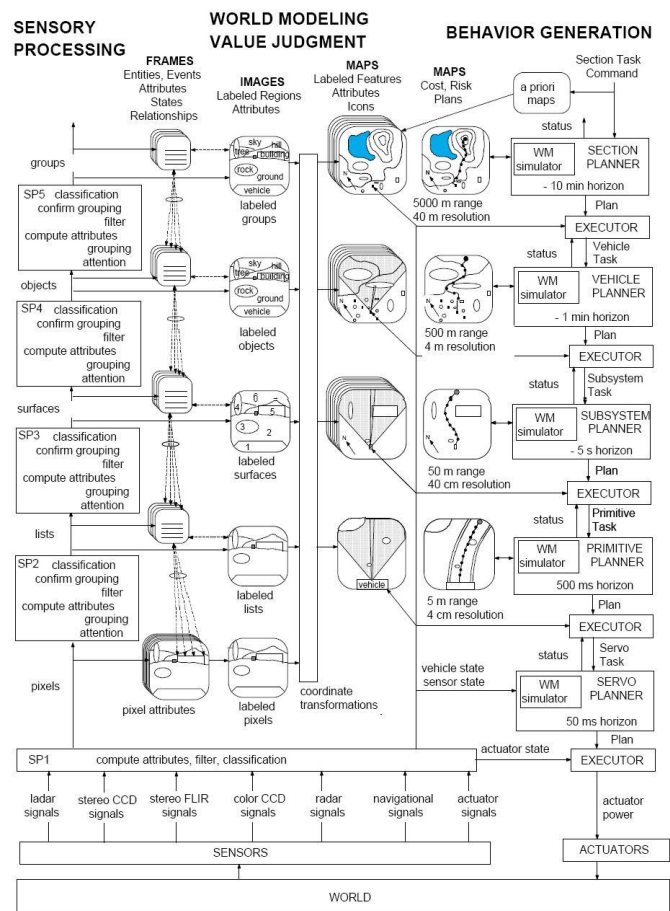
GREAT DISCOVERY (HOW TO OPEN A BOTTLE OF BEER WITHOUT AN OPENER.) By Goldberg



HOLD LIGHTED CANDLE UNDER STRING (A) - STRING BURNS, RELEASES BALL (B) WHICH ROLLS DOWN TROUGH (C) AND KNOCKS HAMMER (D) AGAINST TRIGGER OF PISTOL (E) - BULLET (F) MAKES HOLE IN PIPE (G) RELEASING STREAM OF WATER WHICH FALLS ON PLANT (H) - PLANT GROWS UNTIL IT PRESSES UPWARD AGAINST SPRING (I) - LEVER (J) PULLS STRING (K) WHICH UPSETS SHELF (L) HOLDING POTATO (M) - POTATO FALLS ON HANDLE (N) WHICH STARTS DOLL (O) WINDING PHONOGRAPH (P) - PHONOGRAPH SAYS, IN A FEMALE VOICE "GOOD EVENING, BEER" - THE BOTTLE OF BEER, BEING POLITE, NATURALLY TAKES OFF ITS HAT - AND THERE YOU ARE!

- Простое и эффективное решение простых задач.
- Нерешенные вопросы: интеллектуальное управление, целеполагание, ситуационное планирование и распределение ролей в коллективе.

Модели высших когнитивных функций человека



- Управляющие системы – когнитивные архитектуры: 4D/RCS.
- Коннекционистские модели – нейронные сети, байесовские сети.
- Компьютерное когнитивное моделирование.
- Задача – построить модель когнитивных функций человека, согласующуюся с описаниями данных функций в общей психологии и опирающуюся на данные о строении мозга человека.
- Проверка модели – синтез поведения и симуляция активности мозга.

Культурно-историческая теория Выготского

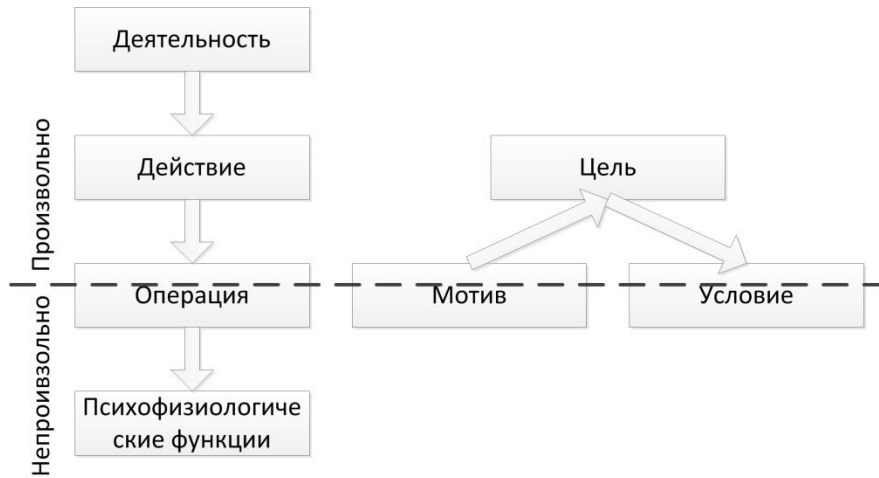
Теория происхождения и развития высших психических функций.

- Социальная среда – главный источник развития личности.
- Овладение культурой, способами поведения и мышления.
- Развитие когнитивных функций происходит в первую очередь через использование ребенком «психологических орудий», путем овладения системой знаков-символов, таких как язык, письмо, счет.
- Внешняя деятельность, когда культурные средства имеют предметный вид, по мере отработки сворачивается (интериоризируется) во внутренний план.
- На первом этапе внешней деятельности ребенок все делает в сотрудничестве со взрослыми, «зона ближайшего развития».
- Развитие – не ровно-постепенный, а стадийный процесс.

Знак как орудие психической деятельности

- Знак – это искусственно созданный человеком стимул, средство для управления своим поведением и поведением других.
- История развития человечества – это история развития знака: чем более развита система знаков в поколении, тем более развиты высшие психические функции.
- Знаки: наскальный рисунок, приметы, жесты, речь, ноты и т.д.

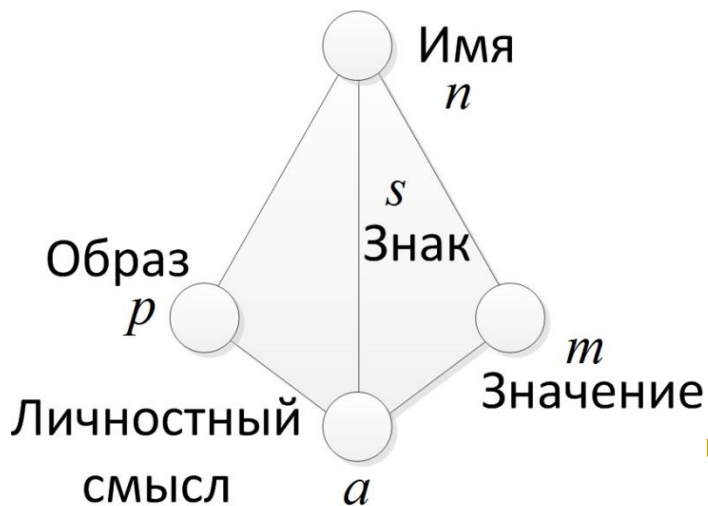
Теория деятельности Леонтьева



- Сознание – набор высших психических (когнитивных) функций, развитых в процессе культурно-исторического развития за счет знакового опосредования и отделения предмета действия от предмета потребности (пример – кузнец).

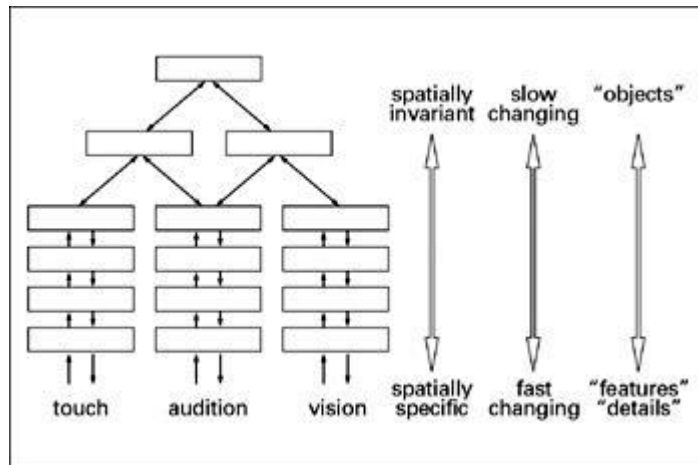
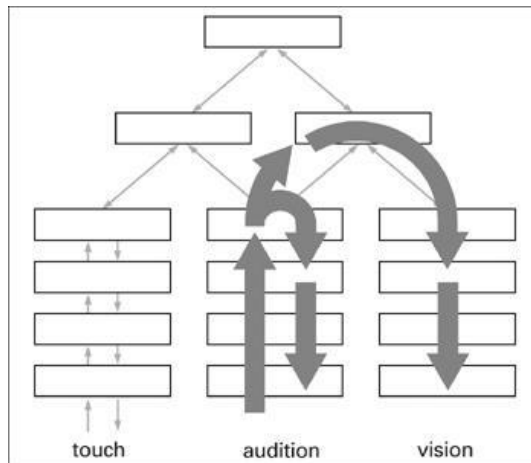
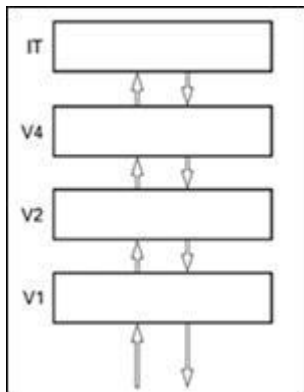
- Деятельность – это совокупность действий, направленных на достижение целей.
- Деятельность предметна и направляется мотивом – предметом потребности.
- Цель – представление о желаемом результате.
- Цель, данная в определенных условиях, называется задачей.
- Действия человека предметны, контролируемы и образуют иерархию, их цели носят не только биологический, но и социальный характер.
- Операция – способ выполнения действия в зависимости от условий, автоматические навыки.

Структура знака



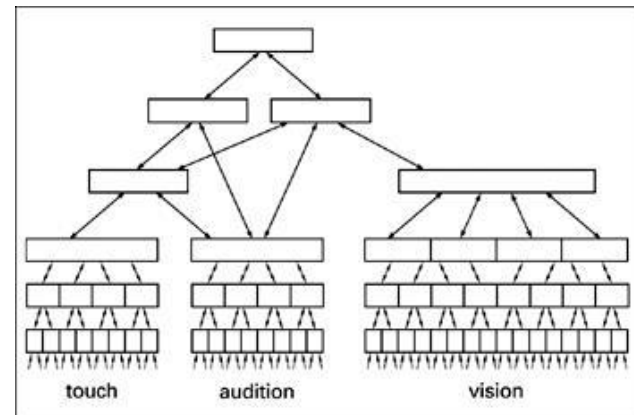
- Знак – информационная единица, представляющая класс явлений (объектов или процессов), обобщенных под одним именем и эквивалентных для субъекта с точки зрения:
 - значения – выработанного в процессе культурно-исторического развития набора общепринятых действий,
 - образа – процедуры обнаружения среди других явлений (процесса категоризации),
 - личностного смысла – действий, применимых субъектом в случае данного явления.
- Несвязанные общим именем компоненты называются соответственно функциональным значением, перцептом и биологическим смыслом – компоненты протознака.

Основные принципы работы коры ГОЛОВНОГО МОЗГА

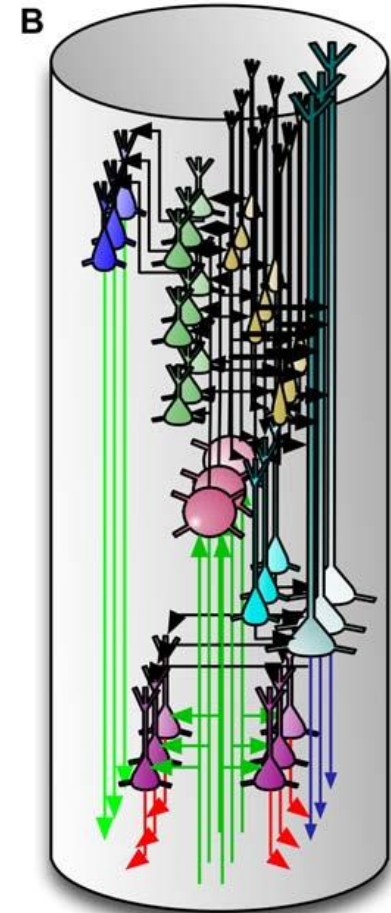
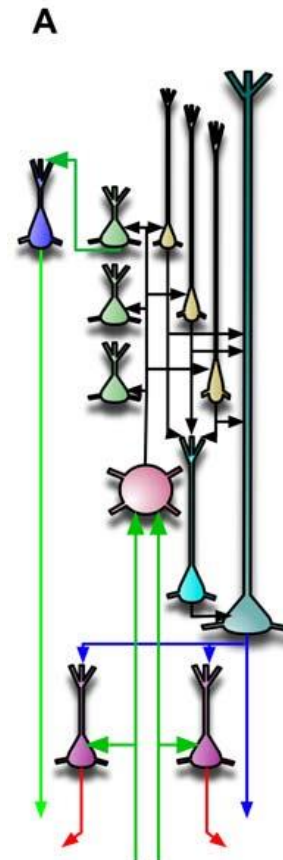
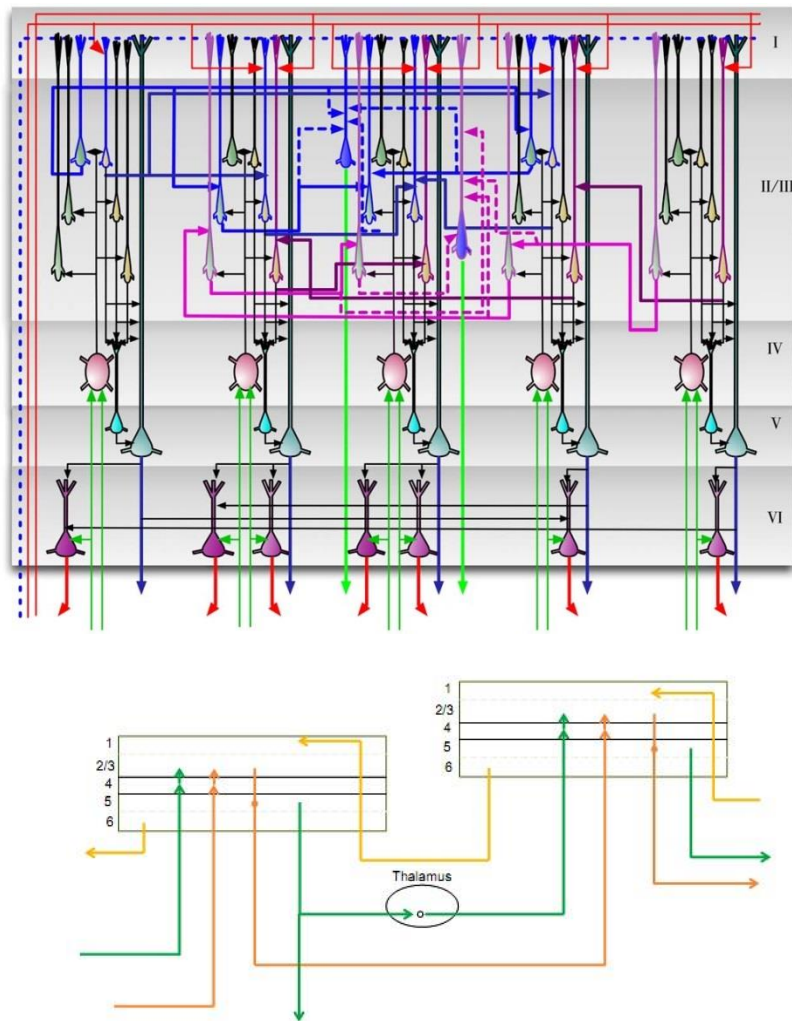


Маунткасл, Эдельман, Хокинс:

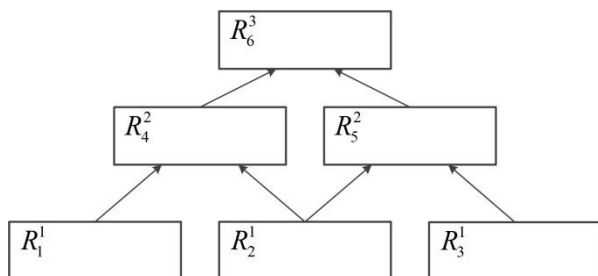
- неокортекс хранит последовательности паттернов,
- неокортекс воспроизводит паттерны автоассоциативно,
- неокортекс хранит паттерны в инвариантной форме,
- неокортекс хранит паттерны иерархически.



Слои и колонки неокортекса



Распознающий блок. Основные составляющие



■ Распознающий блок R_i^j уровня j с индексом i :

- измеряет (распознает) некоторый набор признаков,
- измерение – сопоставление признаку вероятности того, удастся ли измерить (собрать) признак из составляющих его низкоуровневых входных признаков,
- входной вектор – вектор вероятностей присутствия низкоуровневых признаков,
- обладает состоянием и характерным временем разрешения.

■ Ориентированный ярусный граф $G_R = (V, E)$:

- каждая вершина v , принадлежащую j -ому ярусу графа G_R соответствует распознающим блоком R_i^j уровня j ,
- ребро $e = (v, u) \in E$ - иерархическая связь между соответствующим вершине v дочерним блоком $R_{i_1}^{j_1}$ и соответствующим вершине u блоком-родителем $R_{i_2}^{j_2}$.

■ Признак f_k :

- $f_k \dashv R_i^j$ - признак f_k измеряется распознающим блоком R_i^j ,
- F_i^{*j} - множество всех измеряемых распознающим блоком R_i^j признаков,
- F_i^j - совокупность входных признаков распознающего блока R_i^j .

Распознающий блок. Основные составляющие

- Функция измерения $\hat{f}(x_1, \dots, x_q) = x^*$:
 - $x^* \in (0,1)$ – вероятность присутствия измеряемого признака f^* ,
 - $x_1, \dots, x_q \in (0,1)$ – вероятности присутствия признаков из множества входных признаков F_i^j .
- Набор матрица предсказания $Z_k = \{Z_1^k, \dots, Z_m^k\}$ признака f_k :
 - размерность $q \times h$, где h - время разрешения распознающего блока R_i^j , q - мощность множества входных признаков F_i^j ,
 - $\bar{z}_u^r = (z_{u1}^k, \dots, z_{uq}^k)$ - столбец матрицы Z_r^k - вектор предсказаний присутствия входных признаков из множества F_i^j в момент времени $\tau + u$, при этом $z_{uv}^k \in \{0,1\}$.
- T_i^j - множество локальных моментов времени для распознающего блока R_i^j
- Вектор ожиданий $\hat{x}_i^j(t)$:
 - предсказывает входные признаки в следующий момент времени,
 - передается в дочерние распознающие блоки – обратная связь.

Распознающий блок как динамическая система

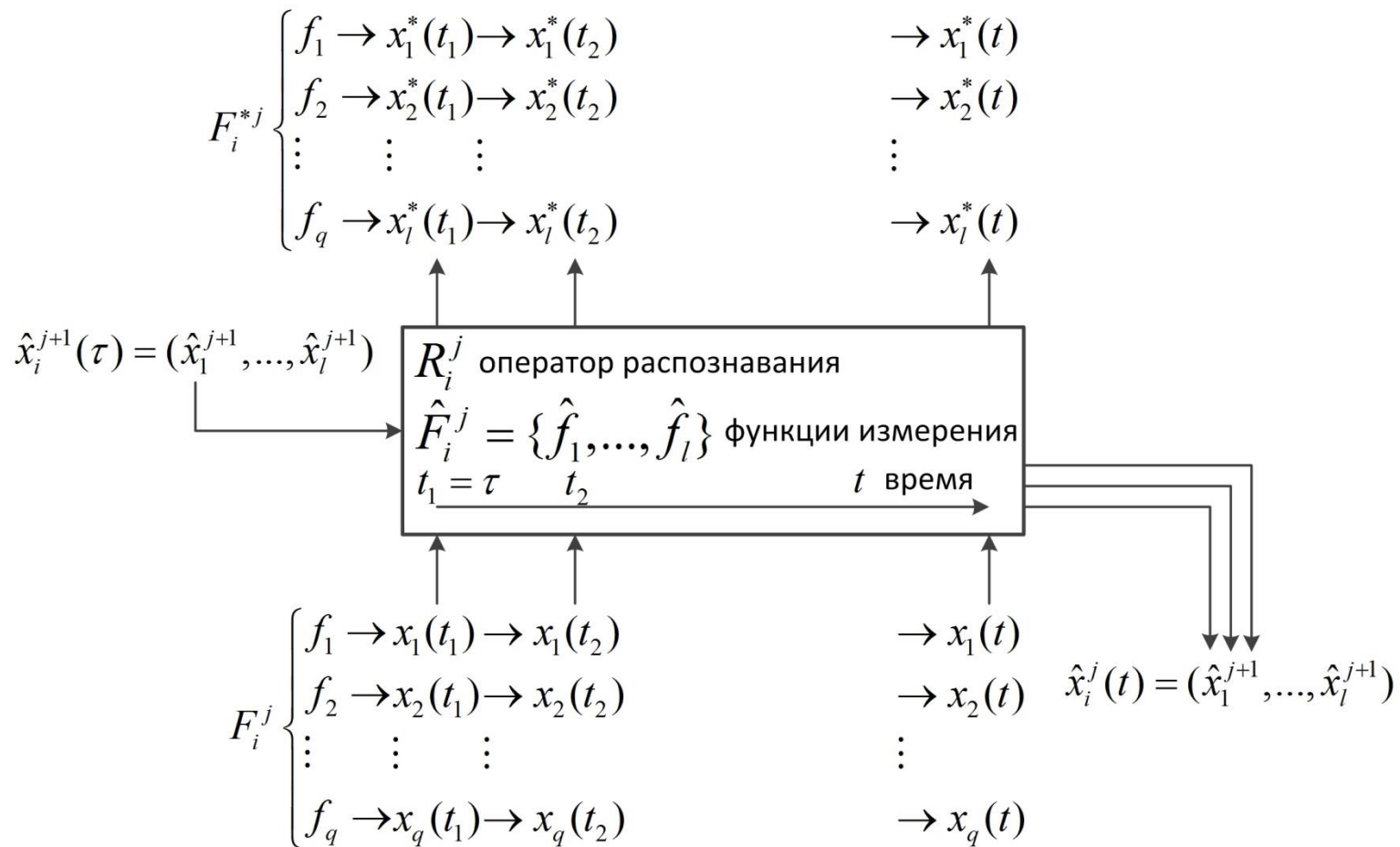
- В начальный момент времени τ распознающий блок R_i^j получает на вход вектор длины l ожиданий

$$\hat{x}_i^{j+1}(\tau) = \frac{1}{N} \sum_{k \in K^{j+1}} \hat{x}_k^{j+1}(\tau)$$

N – количество родительских блоков, K^{j+1} – множество индексов родительских относительно R_i^j распознающих блоков.

- В каждый момент времени $t \in T_i^j$ распознающий блок R_i^j
 - получает на вход вектор длины l вероятностей присутствия $\bar{x}_i^j(t)$ входных признаков из множества F_i^j ,
 - вычисляет выходной вектор длины l вероятностей $\bar{x}_i^{*j}(t)$ присутствия измеряемых признаков из множества F_i^{*j} ,
 - вычисляет вектор длины q ожиданий $\hat{x}_i^j(t)$ присутствия входных признаков в следующий момент времени.

Распознающий блок



Распознающий блок как динамическая система

- X_i^{*j} - множество возможных мгновенных значений выходных векторов распознающего блока R_i^j ,
- X_i^j - множество возможных мгновенных значений векторов вероятностей присутствия входных признаков,
- $\omega: T \rightarrow X_i^j$ - входное воздействие и $\gamma: T \rightarrow X_i^{*j}$ - выходная величина в смысле теории динамических систем,
- $\varphi(t; \tau, \hat{x}_i^{j+1}, \omega) = \hat{x}_i^j$ - функция переходов для которой множество \hat{X}_i^j интерпретируется как множество состояний распознающего блока R_i^j ,
- $\eta: T \times \hat{X}_i^j \rightarrow X_i^{*j}$ - выходное отображение, определяющее выходные вектора $\bar{x}_i^{*j}(t) = \eta(t, \hat{x}_i^j(t))$.

Динамика распознающего блока R_i^j

Пороговый алгоритм \mathfrak{A}_{th} вычисления функции переходов $\varphi(\tau + 1; \tau, \hat{x}_i^{j+1}, \omega)$ и выходного отображения $\eta(\tau + 1, \hat{x}_i^j(\tau + 1))$:

- Вход: начальный момент времени τ , вектор ожиданий $\hat{x}_i^{j+1}(\tau)$, момент времени $t = \tau + 1$, входное воздействие $\omega(t) = \bar{x}_i^j$, множество активных функций измерения $\hat{F}^* = \emptyset$, множество активных матриц предсказания $Z^* = \emptyset$.
- Шаг 1 (предварительный выбор функций измерения). Для каждого компонента \hat{x}_k^{j+1} вектора $\hat{x}_i^{j+1} = (\hat{x}_1^{j+1}, \hat{x}_2^{j+1}, \dots, \hat{x}_l^{j+1})$ проверяем: если $\hat{x}_k^{j+1} \geq c_1$, где $c_1 \in (0,1)$ – некоторая константа, то помещаем соответствующую функцию измерения $\hat{f}_k \in \hat{F}_i^j$ в множество активных функций измерения \hat{F}^* : $\hat{F}^* = \hat{F}^* \cup \{\hat{f}_k\}$.
- Шаг 2 (выбор подходящих матриц предсказания). Для каждой функции измерения $\hat{f}_k \in \hat{F}^*$ помещаем в множество подходящих матриц предсказания Z^* такие матрицы предсказания Z_r^k из соответствующего функции измерения множества \mathcal{Z}_k , что $\frac{\|\bar{z}_1^r - \bar{x}_i^j\|}{\|\bar{z}_1^r\| + \|\bar{x}_i^j\|} < c_2$, где $c_2 \in (0,1)$ – некоторая константа, $\|\bar{x}\| = \sum_i |x_i|$ – норма вектора.

Динамика распознающего блока R_i^j

- Шаг 3 (вычисление вектора ожиданий). Каждую компоненту \hat{x}_s^j вектора ожиданий $\hat{x}_i^j = (\hat{x}_1^j, \hat{x}_2^j, \dots, \hat{x}_q^j)$ вычисляем по формуле среднего от взвешенных предсказаний каждой матрицы из множества Z^* :

$$\hat{x}_s^j = \frac{1}{|Z^*|} \sum_{\hat{f}_v \in \hat{F}^*} \hat{x}_v^{j+1} \cdot z_{2k}^r$$

где $|Z^*|$ означает мощность множества подходящих матриц предсказания Z^* , \bar{z}_2^r – 2-й столбец входящей в множество Z^* матрицы предсказаний Z_r^v признака f_v .

- Шаг 4 (вычисление выходного отображения). В момент времени $\tau + 1$ каждая компонента x_s^{*j} вектора $\bar{x}_i^{*j} = (x_1^{*j}, \dots, x_l^{*j})$ равна нормированному количеству матриц предсказания из множества $|Z^*|$, соответствующих функции измерения \hat{f}_s .
- Выход: вектор ожиданий \hat{x}_i^j и вектор измеряемых признаков \bar{x}_i^{*j} .

Распознающий блок как оператор распознавания по Журавлеву

- В том случае, когда иерархия распознающих блоков $\{R_i^j\}$ содержит все необходимые функции измерения, процесс распознавания представляет собой процесс подъема по иерархии накапливающегося с течением времени результата до такого уровня, на котором будет присутствовать успешно предсказываемый набор признаков.
- При фиксированном моменте времени t R_i^j является оператором распознавания $R_i^j(\hat{x}_i^{j+1}, Z_i^j, \bar{x}_i^j) = \bar{x}_i^{*j}$, далее кратко $R(\hat{x}, Z, \bar{x}) = \bar{x}^*$.
- Задача $Q(\hat{x}, \bar{x}, \alpha_1, \dots, \alpha_l)$ состоит в построении оператора, вычисляющего по поступившему вектору ожиданий \hat{x} и входному вектору \bar{x} значения $\alpha_1, \dots, \alpha_l \in \{0,1\}$ присутствия признаков f_1^*, \dots, f_l^* . Искомый алгоритм \mathcal{A}^* переводит набор (\hat{x}, \bar{x}) в вектор $\bar{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_l)$, который называется информационным вектором входного вектора \bar{x} .
- $\{\mathcal{A}\}$ - множество алгоритмов: $\mathcal{A}(\hat{x}, \bar{x}) = \bar{\beta}$, если $\beta_i \in \{0,1\}$, то β_i – значение величины α_i , вычисленное алгоритмом \mathcal{A} , если $\beta_i = \Delta$, то алгоритм \mathcal{A} не вычислил значение α_i .

Распознающий блок как оператор распознавания по Журавлеву

- Алгоритм \mathcal{A} называется корректным для задачи Q , если выполнено равенство $\mathcal{A}(\hat{x}, \bar{x}) = \bar{\alpha}$.
- Утв. 1. Каждый алгоритм $\mathcal{A} \in \{\mathcal{A}\}$ представим как последовательность выполнения алгоритмов R и C , где $R(\hat{x}, \bar{x}) = \bar{x}^*$, \bar{x}^* – вектор действительных чисел, $C(\bar{x}^*) = \bar{\beta}$, $\beta_i \in \{0, 1, \Delta\}$.
- Множество алгоритмов $\{\mathcal{A}\}$ порождает множества $\{R\}$ и $\{C\}$, в качестве операторов из множества $\{R\}$ будем рассматривать операторы $R(\hat{x}, Z, \bar{x})$.
- Решающее правило C^* называется корректным на множестве входных векторов X , если для всякого вектора \bar{x} из X существует хотя бы один числовой вектор \bar{x}^* такой, что $C^*(\bar{x}^*) = \bar{\alpha}$, где $\bar{\alpha}$ – информационный вектор входного вектора \bar{x} .
- В множестве операторов $\{R\}$ вводятся операции умножения на скаляр, сложения и умножения: $r' \cdot R'$ (1), $R' + R''$ (2), $R' \cdot R''$ (3).
- Утв. 2. Замыкание $L\{R\}$ множества $\{R\}$ относительно операций (1) и (2) является векторным пространством.

Распознающий блок как оператор распознавания по Журавлеву

- Если множество векторов $\{R(\hat{x}, \bar{x})\}$, где R пробегает некоторое множество операторов распознавания \mathcal{R} , содержит базис в пространстве числовых векторов длины l , то задача $Q(\hat{x}, \bar{x}, \bar{\alpha})$ называется полной относительно \mathcal{R} .
- Утв. 3. Если множество задач $\{Q\}$ состоит лишь из задач, полных относительно \mathcal{R} , то линейное замыкание $L\{R \cdot C^*\}$ (C^* - произвольное фиксированное корректное решающее правило, R пробегает множество \mathcal{R}) является корректным относительно $\{Q\}$.
- След. 1. Пусть $\{\mathcal{A}\}$ – совокупность некорректных алгоритмов, $\{R\}$ – соответствующее множество операторов распознавания, C^* – фиксированное корректное решающее правило. Тогда $L\{\mathcal{A}\} = L\{R \cdot C^*\}$ является корректным относительно множества задач $\{Q\}$, если $\{Q\}$ состоит из задач, полных относительно $\{R\}$.
- Будем рассматривать только такие задачи $Q(\hat{x}, \bar{x}, \bar{\alpha})$, для которых удовлетворяется следующее условие: $\exists k$ такое, что x_k является k –ым элементом вектора \bar{x} и $x_k > c_1$.

Распознающий блок как оператор распознавания по Журавлеву

- Теорема 1. Линейное замыкание $L\{\mathcal{A}\}$ семейства алгоритмов $\{\mathcal{A}\} = \{R \cdot C^*\}$ с произвольным корректным решающим правилом C^* и операторами распознавания R , *определенным пороговым алгоритмом \mathfrak{U}_{th} , является корректным на $\{Q\}$.*
- Схема доказательства:
 - в силу утв. 3 достаточно доказать, что произвольная задача $Q \in \{Q\}$ является полной относительно $\{R\}$,
 - доказательство полноты Q состоит в прямом построении операторов R_i^ε , $i = 1, 2, \dots, l$ из $L\{R\}$, переводящих пару (\hat{x}, \bar{x}) , $\hat{x} = (\hat{x}_1, \dots, \hat{x}_l)$, $\bar{x} = (x_1, \dots, x_q)$ в числовой вектор $\bar{x}_i^* = (x_{i1}^*, \dots, x_{il}^*)$, в котором $x_{ii}^* = 1$, а $|x_{ij}^*| < \varepsilon$ при $j \neq i$,
 - построение проводится для любого сколь угодно малого ε .
- Интерпретация – возможна такая настройка распознающего блока R_i^j , что он будет правильно классифицировать поступающие с нижнего уровня иерархии результаты.
- По индукции – доказательство корректности всей иерархии распознающих блоков.

Распознающий блок как протознак

- $f_1 \sqsubset f_2$ - признак f_2 измеряется по признаку f_1 , в том случае, если $f_1 \dashv R_1^j$, $f_2 \dashv R_2^{j+1}$, R_2^{j+1} – родительский блок по отношению к R_1^j и в множестве матриц предсказания Z_2 признака f_2 существует как минимум одна матрица Z_r^2 , содержащая некоторый столбец \bar{z}_u^r с элементом $z_{uv}^r \neq 0$, где v – индекс признака f_1 во входном векторе вероятностей для распознающего блока R_2^{j+1} .
- Признаки f_c – «причина» и f_e – «следствие», измеряемые одним распознающим блоком R_0^1 .
- Процедурные признаки - признаки, которые измеряются распознающими блоками, выступающими родительскими по отношению к блоку R_0^1 , остальные признаки – объектные.
- Для любого процедурного признака выполняются следующие естественные условия:
 - причина всегда предшествует следствию,
 - причина всегда влечет за собой следствие и
 - все причины всегда отделены от своих следствий.

Распознающий блок как протознак

- Матрицу предсказания Z_r^p процедурного признака f_p всегда можно представить в следующем виде:

$$Z_r^p = (\bar{z}_1^{r,c}, \dots, \bar{z}_{j_1}^{r,c}, \bar{z}_{j_1+1}^{r,e}, \dots, \bar{z}_{i_1}^{r,e}, \dots, \bar{z}_{i_{k-1}+1}^{r,c}, \dots, \bar{z}_{j_k}^{r,c}, \bar{z}_{j_k+1}^{r,e}, \dots, \bar{z}_{i_k}^{r,e})$$

 $\bar{z}_j^{r,c}$ – столбцы причин, $\bar{z}_i^{r,e}$ – столбцы следствий, k - актностью процедурного признака.

- Любой одноактный процедурный признак f_p , измеряемый распознающим блоком R_i^j , можно представить в виде правила $r_p = (F_C(f_p), F_A(f_p), F_D(f_p))$, в котором:
 - $F_C(f_p) \subseteq F_i^j$ – множество признаков – условий правила, в которое входят те признаки, для которых соответствующие элементы столбца причин больше c_1 ;
 - $F_A(f_p) \subseteq F_i^j$ – множество добавляемых правилом признаков, в которое входят те признаки, для которых соответствующие элементы столбца причин меньше c_1 , а элементы столбца следствий – больше;
 - $F_D(f_p) \subseteq F_i^j$ – множество удаляемых правилом признаков, в которое входят те признаки, для которых соответствующие элементы столбца причин больше c_1 , а элементы столбца следствий – меньше.

Распознающий блок как протоznak

- Если f_1 – объектный признак, то подмножество $\tilde{p}(f_1)$ множества $\{f_k\}$ таких признаков, что $\forall f_i \in \tilde{p}(f_1) f_i \sqsubset f_1$, называется перцептом объектного признака f_1 .

- Метрика на множестве перцептов \tilde{P} :

$$\rho_p(\tilde{p}(f_1), \tilde{p}(f_2)) = \min_{z_r^1 \in Z_1} \min_{z_s^2 \in Z_2} \frac{1}{q} \sum_{\bar{z}_u^r \in Z_r^1, \bar{z}_u^s \in Z_s^2} \frac{\|\bar{z}_u^r - \bar{z}_u^s\|}{\|\bar{z}_u^r\| + \|\bar{z}_u^s\|}$$

(f_1 и f_2 измеряются одним и тем же распознающим блоком R_i^j).

- Если f_1 – объектный признак, f_2 – процедурный, $f_1 \sqsubset f_2$ и в столбце \bar{z}_u^r с элементом $z_{uv}^r \neq 0$, где v – индекс признака f_1 во входном векторе вероятностей для признака f_2 , элемент z_{uc}^r , соответствующий признаку f_c , также не равен 0, то пара $\langle f_2, v \rangle$ называется функциональным значением объектного признака f_1 .
- Выделение в множестве признаков, признаков, описывающих внутреннее состояние субъекта, ведет к определению личностного смысла.

Когнитивные функции. Образование нового знака

- У субъекта имеется опыт наблюдения, представимый в виде отношения Ψ_p^m : $\tilde{p}\Psi_p^m\tilde{m}$, или $\Psi_p^m(\tilde{p}) = \tilde{m}$, в том случае, если $\tilde{p} \in \tilde{P}$ является перцептом некоторого признака f , и если $\tilde{m} \in \tilde{M}$ является функциональным значением того же признака f .
- Шаг 1. Из культурно-исторической среды выдается пара «имя - значение», т.е. указаны процедурный признак f_p и имя n .
- Шаг 2. Субъект формирует на основе имеющегося опыта перцепт $\tilde{p}^{(0)}$ и на основе отношения Ψ_p^m - функциональное значение $\tilde{m}^{(0)}$.
- Шаг 3. Если $\tilde{m}^{(0)}$ не достаточно близок к \tilde{m} , то шаг 2 повторяется до получения достаточно близкого функционального значения $\tilde{m}^{(i)}$ или исчерпания подходящих признаков.
- Шаг 4. В случае успешного формирования перцепта, происходит доопределение отношения Ψ_p^m парой (\tilde{p}, \tilde{m}) , где \tilde{p} – предел последовательности $\langle \tilde{p}^{(0)}, \tilde{p}^{(1)}, \dots \rangle$.
- Шаг 5. На основе прецедентов действия субъекта с опосредуемым объектом формируется личностный смысл.

Когнитивные функции. Образование НОВОГО знака

Схема формирования перцепта $\tilde{p}^{(i)}$ и функционального значения $\tilde{m}^{(i)}$ (алгоритм \mathfrak{A}_{pm}) в случае одноактного процедурного признака f_p :

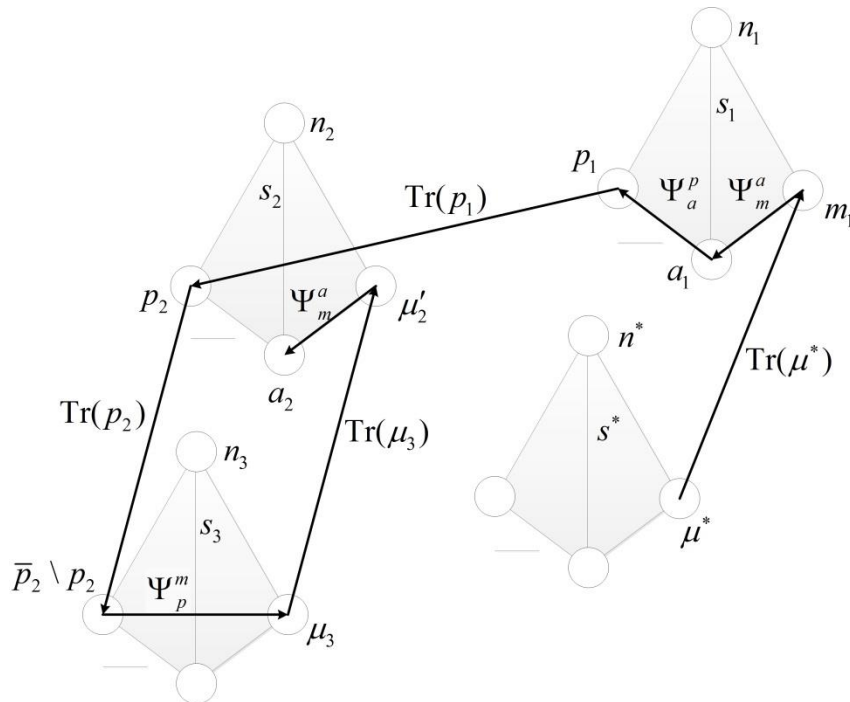
- начальное значение $\tilde{p}^{(i)} = F_c(f_p)$ при $i = 0$,
- включаем в множество $M^{(i)}$ функциональные значения, составляющие пару, принадлежащую отношению Ψ_p^m , с признаками из $\tilde{p}^{(i)}$,
- если в множестве $M^{(i)}$ есть пара противоречивых функциональных значений (для признаков которых не выполняется условие параллельности: $F_D(f_1^p) \cap F_A(f_2^p) = \emptyset$ и $F_D(f_2^p) \cap F_A(f_1^p) = \emptyset$), то исключаем такое функциональное значение, для которого множество $F_A \cap F_A(f_p)$ меньше по мощности,
- матрица $Z^{(i)}$ для процедурного признака функционального значения $\tilde{m}^{(i)}$ составляется из столбцов матриц предсказаний признаков из $M^{(i)}$.

Теорема 2. Последовательность функциональных значений $\langle \tilde{m}^{(0)}, \tilde{m}^{(1)}, \dots \rangle$, которая строится с помощью алгоритма \mathfrak{A}_{pm} для функционального значения \tilde{m} , сходится к \tilde{m} .

Когнитивные функции. Самоорганизация на множестве знаков

- Отношения на множестве образов: эквивалентности, включения, сходства, противопоставления, операция обобщения.
- Отношения на множестве личностных смыслов: поглощения, противопоставления, агглютинации, операция обобщения.
- Отношения на множестве значений: эквивалентности, сходства, ситуационное, сценарное, операция обобщения.
- Картины мира субъекта по преобладающему компоненту
- $H = \langle H_P, H_A, H_M \rangle$ - семиотическая сеть, где
 - $H_P = \langle 2^P, \mathfrak{R}_P \rangle$ - семантическая сеть на образах,
 - $H_A = \langle 2^A, \mathfrak{R}_A \rangle$ - семантическая сеть на личностных смыслах,
 - $H_M = \langle 2^M, \mathfrak{R}_M \rangle$ - семантическая сеть на значениях.

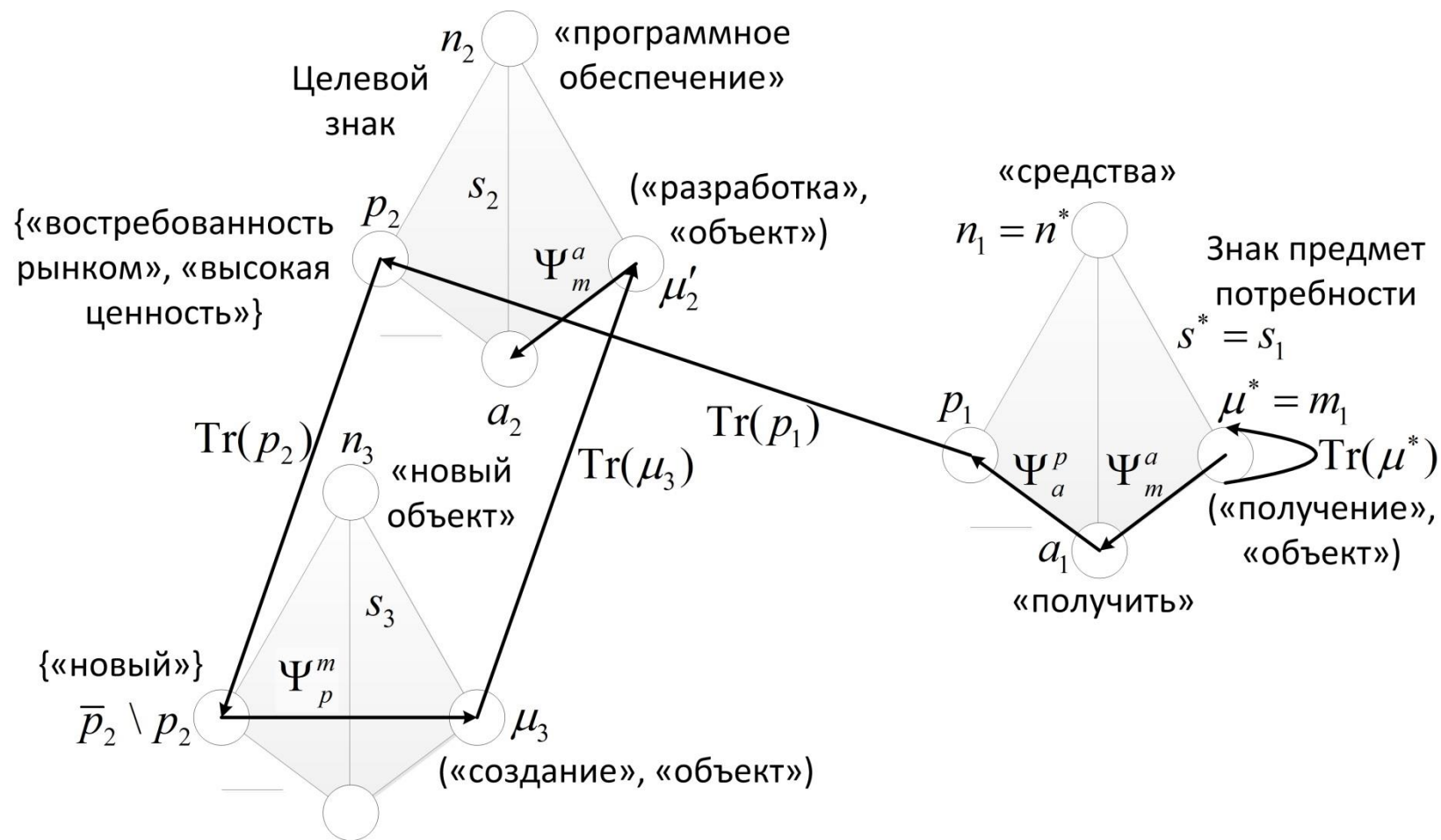
Когнитивные функции. Целеполагание



- Знак s_1 обладает личностным смыслом a_1 , таким, что интерпретирующее его действие в множестве добавляемых признаков p_{add} содержит множество признаков p^* знака s^* .

- p_2 - максимальное по мощности множество признаков знака s_2 , являющееся подмножеством p_{cond} .
- \bar{p}_2 - объединение признаков образа p_2 знака s_2 с каким-либо признаком (одним или несколькими) из множества $p_{cond} \setminus p_2$ (расширенный образ).
- Соответствующий экземпляру значения μ_3 личностный смысл a_3 интерпретируется таким действием, что в множество признаков его эффекта включено множество признаков образа p_3 самого знака s_3 .
- Сценарий $M(s_3, \mu_3)$ совпадает с каким-либо элементарным сценарием $M(s_2, \mu'_2)$
- Личностный смысла a_2 , соответствует значению μ'_2 знака s_2 .

Когнитивные функции. Пример целеполагания.



Практическое применение.

Моделирование внимания

- Задача быстрого поиска с учетом контекста, применение в навигационных системах и мобильных роботах (соревнования «найди чайник на кухне»).
- Вектор ожиданий передаваемый родительским распознающим блоком R_i^j дочерним блоком – является управляющим воздействием, ускоряющим процесс распознавания в дочернем блоке.
- Постановка задачи аналогична постановке задачи в теории идентификации модели.

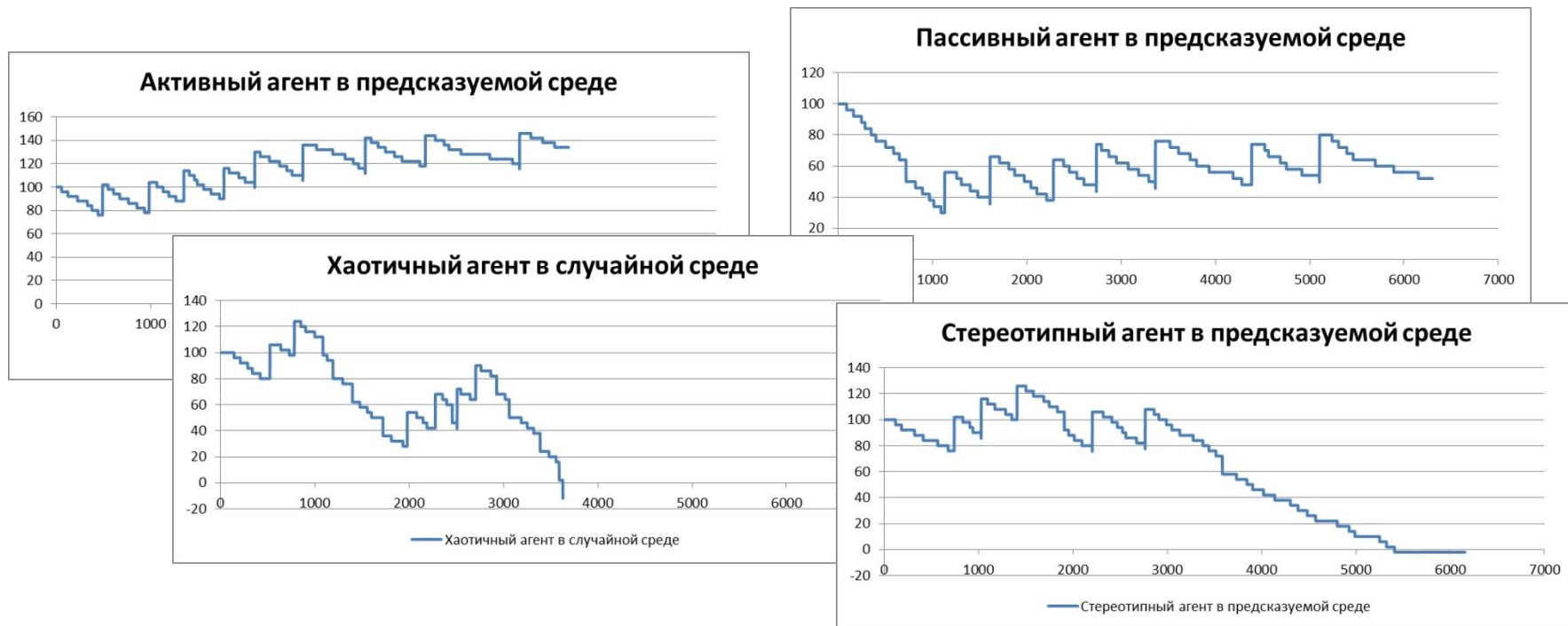
Практическое применение.

Коллективные действия

- Представление о другом участнике коллектива – модель «другого».
- Обобщение действий от условий их совершения.
- Распознавание действий.
- Обучение действиям по наблюдению за другими участниками коллектива.
- Представления о цели и способностях других участников коллектива.

Практическое применение. Прогнозирование поведения

- Поведение психолога-консультанта, предсказание значения ресурса



Спасибо за внимание!

Моделирование когнитивных функций человека

Панов Александр, ИСА РАН, лаб. 0-2, pan@isa.ru