

## МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ПАМЯТИ В СИСТЕМАХ, ПОСТРОЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ СИТУАЦИОННОГО ЛОГОГЕНА

Каргин А.А., Петренко Т.Г.

Донецкий национальный университет, г. Донецк

кафедра компьютерных технологий

E-mail: [kargin@dongu.donetsk.ua](mailto:kargin@dongu.donetsk.ua)

### Abstract

*Kargin A., Petrenko T. Organization memory model based on situation logogen technology. A cognitive psychology model – Morton's logogen – is suggested to be used as a basis of the universal approach of the data interpretation (processing of the information starting from its perception until the decision-making) included in the industrial systems' management. Data interpretation is formalized by the set of complex structures, each of which is represented by a hierarchically organized sequence of situational elements. A formalized model of a situational logogens, as a memory elements is stated.*

### Введение

На современном этапе автоматизации производства наблюдается переход к слабо формализуемым задачам, решаемым на основе обобщения опыта и восприятия человека [1]. Примеров такого рода задач можно привести много. Это мониторинг технического состояния оборудования на основе шумов, визуального и других наблюдений и принятие решений по результатам интерпретации данных мониторинга [2,3]. Это поиск информации в гетерогенных базах данных по смыслу (интерпретация текстовых, зрительных и звуковых данных) [4]. Это различного рода компьютерные программы интеллектуальной обработки информации и так далее. Одним из путей решения этого класса задач является формализация моделей, полученных в когнитивной психологии – это подход когнитивных наук [5].

Характерная черта современного этапа развития когнитивных наук – независимые исследования моделей отдельных функций переработки информации человеком, как познающей системой: ощущение, восприятие, внимание, память, представление знаний, мышление и язык [6]. Известны попытки [5,7] построения целостной модели обработки информации человеком, учитывающей все перечисленные ранее фазы. Однако, это неформализованные модели, которые затруднительно непосредственно положить в основу компьютерных систем. В когнитивных науках известен широкий спектр количественных моделей, но они, в основном, предназначены для оценки критериев, характеризующих эффективность функции человека и исследования влияния определённых параметров на критерии.

В статье рассматривается формализованная модель [2,8,9], базирующаяся на данных когнитивной психологии [7] и искусственного интеллекта [10], в основу которой положена идея, что автоматизируемую функцию человека по управлению или принятию решения можно представить как интерпретацию ситуации [8] с использованием информации из памяти. Модель интерпретации данных можно представить в виде множества сложных структур (иерархически организованные цепочки последовательно связанных элементов). В качестве модели элемента предложена ситуационная ячейка памяти, хранящая прототип фрагмента ситуации.

Формализация когнитивной модели логогена Мортоната начата в работах [9], теоретически развита в [11] и находит практическое применение для конкретных приложений, например, [4,12], однако в них основное внимание уделено механизму

обработки информации и совсем не затронуты вопросы организации памяти. Исследование этой проблемы представляет самостоятельный интерес, поскольку вопросы реализации в принципе и тем более эффективности информационной технологии, основанной на моделях ситуационного логогена Мортонна [11] для реальных приложений, связанных с хранением большого количества прототипов, в основном зависит от организации памяти.

Целью настоящей статьи является освещение моделей организации памяти в системах, построенных по технологии ситуационных логогенов.

**Моделирование потока событий. Постановка задачи.** Пусть на множестве свойств  $S = \{s\}$  наблюдается множество ситуаций  $\tilde{S} = \{\tilde{S}\}$ , каждая из которых есть подмножество множества  $S$ , то есть  $\tilde{S} \subset S$ . Пусть дана упорядоченная во времени последовательность ситуаций

$$[\tilde{S}]_{t_0}, [\tilde{S}]_{t_1}, [\tilde{S}]_{t_2}, \dots, [\tilde{S}]_{t_i}, \dots, [\tilde{S}]_{t_N}, \tag{1}$$

где  $[\tilde{S}]_{t_i} \neq [\tilde{S}]_{t_{i-1}}, [\tilde{S}]_{t_i} \neq [\tilde{S}]_{t_{i+1}}; T_i = t_i - t_{i-1}$

и отображение её в последовательность событий

$$[e]_{\tau_1}, [e]_{\tau_2}, [e]_{\tau_3}, \dots, [e]_{\tau_i}, \dots, [e]_{\tau_n}, \tag{2}$$

где  $e_i = \langle [S_i^-]_{[t_i, t_{i+1}]}, [S_i^+]_{[t_i, t_{i+1}]}, S_i^k \rangle$  \tag{3}

событие, определённое на множестве свойств  $\Delta S_i = \overline{[\tilde{S}]_{t_i} \cap [\tilde{S}]_{t_{i-1}}}$ . Динамические характеристики события ( $[S_i^+]_{[t_i, t_{i+1}]}$  - характеристика процесса появления фрагмента ситуации  $S_i^+$ :  $S_i^+ \subset \Delta S_i$ ,  $S_i^+ \subset [\tilde{S}]_{t_i}, S_i^+ \not\subset [\tilde{S}]_{t_{i-1}}$  и  $[S_i^-]_{[t_i, t_{i+1}]}$  - характеристика процесса исчезновения фрагмента ситуации  $S_i^-$ :  $S_i^- \subset \Delta S_i$ ,  $S_i^- \subset [\tilde{S}]_{t_{i-1}}, S_i^- \not\subset [\tilde{S}]_{t_i}$ ) на интервале времени  $[t_i, t_{i+1}]$ .  $S_i^k$ :  $S_i^k \subset [\tilde{S}]_{t_{i-1}}, S_i^k \subset [\tilde{S}]_{t_i}$  статический фрагмент ситуации, который назовём контекстом.

В [13] выделено три класса задач, которые сформулированы в терминах потока событий и могут быть решены на основе технологии ситуационного логогена.

- (1) *Обнаружение (Detection)* потока событий с заданными характеристиками.
- (2) *Моделирование (Modelling)* потока событий с заданными характеристиками.
- (3) *Создание (Creation)* потока событий с заданными характеристиками.

В настоящей статье рассматриваются вопросы организации памяти при решении задачи моделирования потока событий.

Задача моделирования потока событий (2), представляющего суперпозицию, возможно, конечного числа  $J$  составляющих потоков, есть задача нахождения такого отображения (одноуровневой свёртки потока)

$$[e_1]_{\tau_1}, [e_2]_{\tau_2}, [e_3]_{\tau_3}, \dots, [e_i]_{\tau_i}, \dots, [e_N]_{\tau_N} \Rightarrow [\pi_{\kappa_1}^1]_{\tau_{j_1}}, [\pi_{\kappa_2}^1]_{\tau_{j_2}}, \dots, [\pi_{\kappa_w}^1]_{\tau_{j_w}}, \tag{4}$$

для которого выполняются условия

(1)  $w < N$ ; \tag{5}

(2)  $[e'_1]_{\tau'_j}, [e'_2]_{\tau'_{j+1}}, [e'_3]_{\tau'_{j+2}}, \dots, [e'_{r-1}]_{\tau'_{j+r}} \Rightarrow [\pi_{\kappa_1}^1]_{\tau'_{j+r}}, \tau'_{j+r} = \tau_{j_i}$ ;

$$(3) \quad ([e^l]_{\tau_j}, [e^l]_{\tau_{j+1}}, [e^l]_{\tau_{j+2}}, \dots, [e^l]_{\tau_{j+r}}) \subset ([e^l]_{\tau_1}, [e^l]_{\tau_2}, [e^l]_{\tau_3}, \dots, [e^l]_{\tau_i}, \dots, [e^l]_{\tau_N}) \subset ([e]_{\tau_1}, [e]_{\tau_2}, \dots, [e]_{\tau_i}, \dots, [e]_{\tau_N})$$

Поток событий  $e_1, e_2, e_3, \dots, e_i, \dots, e_N$ , произошедших в моменты времени  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_i, \dots, \tau_N$ , свёртывается в поток событий  $\pi_{\kappa_1}, \pi_{\kappa_2}, \dots, \pi_{\kappa_\omega}$ , произошедших в моменты времени  $\tau_{j_1}, \tau_{j_2}, \dots, \tau_{j_\omega}$ . Причём, подпоследовательности событий  $e^l_1, e^l_2, e^l_3, \dots, e^l_{r-1}$ , произошедших в моменты времени  $t + \tau^l_j, t + \tau^l_{j+1}, \dots, t + \tau^l_{j+r}$ , ставятся в соответствие одно модельное событие  $\pi_{\kappa_1}$ , произошедшее в момент времени  $t + \tau^l_{j+r}$ . Условие (3) выражения (5) говорит о том, что модельные события ставятся в соответствие подпоследовательностям событий только одного конкретного l-го детектируемого потока.

Многоуровневая свёртка потока событий позволяет создать модели разного уровня обобщения (детализации) потока событий. n-Уровневая свёртка есть редуцированный поток событий и может быть представлена в виде:

$$[e_1]_{t_1}, [e_2]_{t_2}, [e_3]_{t_3}, \dots, [e_i]_{t_i}, \dots, [e_N]_{t_N} \Rightarrow [\pi^1_{\kappa_1}]_{\tau_1}, [\pi^1_{\kappa_2}]_{\tau_2}, \dots, [\pi^1_{\kappa_\omega}]_{\tau_\omega}, \quad (6)$$

$$[\pi^1_{\kappa_1}]_{\tau_1}, [\pi^1_{\kappa_2}]_{\tau_2}, \dots, [\pi^1_{\kappa_\omega}]_{\tau_\omega} \Rightarrow [\pi^2_{q_1}]_{\xi_1}, [\pi^2_{q_2}]_{\xi_2}, \dots, [\pi^2_{q_v}]_{\xi_v},$$

...

$$[\pi^{n-1}_{p_1}]_{\zeta_1}, [\pi^{n-1}_{p_2}]_{\zeta_2}, \dots, [\pi^{n-1}_{p_g}]_{\zeta_g} \Rightarrow [\pi^n_{u_1}]_{\gamma_1}, [\pi^n_{u_2}]_{\gamma_2}, \dots, [\pi^n_{u_v}]_{\gamma_v}.$$

Таким образом, моделью потока событий (2) с характеристиками (3) может быть структура, представляющая одну из следующих последовательностей элементов:  $\langle \pi^1_{\kappa_1}, \pi^1_{\kappa_2}, \dots, \pi^1_{\kappa_\omega} \rangle$ , либо  $\langle \pi^2_{q_1}, \pi^2_{q_2}, \dots, \pi^2_{q_v} \rangle$ , либо  $\langle \pi^{n-1}_{p_1}, \pi^{n-1}_{p_2}, \dots, \pi^{n-1}_{p_g} \rangle$ , либо  $\langle \pi^n_{u_1}, \pi^n_{u_2}, \dots, \pi^n_{u_v} \rangle$ . Редуцирование потока событий возможно на основании знаний, описывающих структуру потока. Если знания ограничены условиями (2) в формуле (5), то отображение, как одноуровневая свёртка, строит модель в виде структуры  $\langle \pi^1_{\kappa_1}, \pi^1_{\kappa_2}, \dots, \pi^1_{\kappa_\omega} \rangle$ . Если к этим знаниям добавить знания об отображении

$$\langle [\pi^1_{\kappa_{l_1}}]_{\tau_{l_1}}, [\pi^1_{\kappa_{l_2}}]_{\tau_{l_1+1}}, \dots, [\pi^1_{\kappa_{l_r}}]_{\tau_{l_1+r}} \rangle \Rightarrow [\pi^2_{q_l}]_{\xi_l}, \forall q_l, \quad (7)$$

то это двухуровневая свёртка построит модель потока в виде последовательности  $\langle \pi^2_{q_1}, \pi^2_{q_2}, \dots, \pi^2_{q_v} \rangle$  и так далее, при наличии знаний об отображении

$$\langle [\pi^{n-1}_{p_{l_1}}]_{\zeta_{l_1}}, [\pi^{n-1}_{p_{l_2}}]_{\zeta_{l_1+1}}, \dots, [\pi^{n-1}_{p_{l_r}}]_{\zeta_{l_1+r}} \rangle \Rightarrow [\pi^n_{u_l}]_{\gamma_l}, \forall u_l \quad (8)$$

модель потока событий будет представлена в виде структуры  $\langle \pi^n_{u_1}, \pi^n_{u_2}, \dots, \pi^n_{u_v} \rangle$ .

**Решение задачи моделирования потока событий с использованием технологии ситуационного логогена.** В [13] показано, что решение задачи обнаружения потока событий может быть получено с помощью структуры **SL** из последовательно соединённых

ситуационных логогенов  $SL_i^e$ , каждый из которых обнаруживает одно  $i$ -е событие (3).

Математическая модель элементарного ситуационного логогена  $SL_i^e$  описана в [11]. Задача моделирования потока событий (4) включает в себя  $\omega$  подзадач обнаружения потоков событий (5), поэтому система моделирования представляет конечное множество из  $\omega$  структур **SL**, каждая из которых есть  $r_i$  последовательно соединённых ситуационных логогенов  $SL_i^e$ . Это для одноуровневого моделирования. Для  $n$ -уровневой свёртки (6) решение задачи моделирования возможно на основе  $n$ -слойной структуры, каждый слой включает конечное множество из  $\omega$  структур **SL**, как было показано выше. Особенностью слоев является то, что каждый слой содержит множество элементов памяти:  $\{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  - на нулевом слое для хранения информации о текущих показаниях сенсоров системы;  $\{\pi_1^1, \pi_2^1, \dots, \pi_{n_1}^1\}$ ,  $\{\pi_1^2, \pi_2^2, \dots, \pi_{n_2}^2\}$ ,  $\{\pi_1^3, \pi_2^3, \dots, \pi_{n_3}^3\}$  - на первом, втором и третьем слоях для хранения информации о моделях потоков событий.

Логогены разных слоёв функционируют в различных масштабах времени. Как было показано в [11] при описании модели элементарного ситуационного логогена, он функционирует в дискретные моменты времени  $T$  и  $\tau$ , причём  $T = n\tau$ . В моменты времени  $T, 2T, 3T, \dots$  изменяют свои значения контекстные входы и выход логогена, а в моменты времени  $kT + \tau, kT + 2\tau, kT + 3\tau, \dots, kT + n\tau$  изменяют свои значения сенсорные входы и состояние логогена. Обозначим верхним индексом принадлежность интервала к слою системы, например,  $i$ -му -  $T^i, n^i, \tau^i$ . Тогда имеет место связь

$$T^0 = n^0 \tau^0,$$

$$T^1 = n^1 \tau^1, \quad \tau^1 = T^0,$$

...

$$T^k = n^k \tau^k, \quad \tau^k = T^{k-1} \tag{9}$$

Из (9) видно, что дискретность обработки информации по сенсорным входам некоторого  $i$ -го слоя совпадает с дискретностью изменения выходов логогенов  $i-1$ -го слоя. В частном случае, когда  $n^0 = n^1 = n^2 = \dots = n^k$  имеет место равномерное квантование времени по слоям.

### Выводы

Информационная технология разработки приложений, основанная на модели ситуационного логогена, предполагает моделирование следующих видов памяти:

- 1) Локальной постоянной памяти ситуационного логогена для хранения прототипов ситуации (3);
- 2) Локальной оперативной памяти ситуационного логогена для хранения его состояния активности;
- 3) Глобальной оперативной памяти для хранения «истории» - цепочки произошедших упорядоченных во времени событий – в виде состояния активности ячеек иерархически организованной памяти  $\{\pi_1^1, \pi_2^1, \dots, \pi_{n_1}^1\}$ ,  $\{\pi_1^2, \pi_2^2, \dots, \pi_{n_2}^2\}$ , ...,  $\{\pi_1^k, \pi_2^k, \dots, \pi_{n_k}^k\}$ .

Оперативная память характеризуется разной длительностью хранения информации: для

верхних слоев памяти длительность хранения увеличивается по крайней мере в  $n^i$  раз согласно (9).

Каждая ячейка локальной или глобальной, а также долговременной или оперативной памяти должна хранить функцию принадлежности нечёткого множества, характеризующего активность элемента. Поскольку в работах [11,13] предложено использовать универсальное множество  $[-1,+1]$  для характеристики активности, а функцию принадлежности задавать трапециевидальной формой на этом универсальном множестве, то в ячейке памяти должно храниться четыре вещественных числа из диапазона  $[-1,+1]$ . Это позволяет достичь однородности в организации памяти системы.

С каждой ячейкой оперативной памяти связан механизм, моделирующий её активность во времени. Механизм реализован на основе аппарата нечёткой математики и задаёт разный вид функции в зависимости от принадлежности ячейки памяти к слою системы.

Результаты работы реализуются в разрабатываемом на кафедре компьютерных технологий ДонНУ инструментальном моделирующем комплексе LogoNet.

### Литература

1. Васильев С.Н., Жерлов А.К., Федосов Е.А., Федунев Б.Е. Интеллектуальное управление динамическими системами. — М.: Физико-математическая литература, 2000.-352 с.
2. Каргин А. А., Ломонос Я. Г. Исследование метода интерпретации аудиальных данных с учетом контекста. // Вестник Херсонского государственного технического университета №1(19), 2004г. Херсон, 2004г. с. 272-277.
3. Асланов А.Е., Каргин А.А. Об интерпретации источников звука в ситуационных интеллектуальных машинах // Вісник Донецького національного університету. Серія А. Природничі науки, Донецьк, ДонНУ, 2001, №1, С.297-307
4. Каргин А.А., Парамонов А.И., Ломонос Я.Г. Интеллектуальная система категоризации и интерпретации текстовой информации «Text-Term-Concept». // Збірка наукових праць у чотирьох томах ISDMIT'2006, Том 1 Секція 1, Евпатория – 2006, с. 92-99.
5. Андерсон Дж. «Когнитивная психология. 5-е изд.» – СПб.: Питер, 2002. – 496с. Серия «Мастера психологии»
6. Шиффман Х.Р. Ощущение и восприятие. 5-е изд. Санктпетербург. 2003. -928с.
7. Солсо «Когнитивная психология» – СПб.: Питер, 2002. – 592с. (Серия «Мастера психологии»).
8. Каргин А.А. Петренко Т.Г. Модели динамических ситуационных интеллектуальных машин // Искусственный интеллект, 1999.–№2.–С.128-134.
9. Борухсон В.Е., Каргин А.А. Формализованная модель логогена. Вісник Донецького національного університету. Серія А. Природничі науки, Донецьк, ДонНУ, 2003, №2.– С. 342-348.
10. Люгер Джордж Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем, 4-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.-864 с.
11. Каргин А.А. Петренко Т.Г. Формализация моделей когнитивной психологии на основе технологии ситуационных интеллектуальных машин (часть 1). Вісник Донецького національного університету. Серія А. Природничі науки, Донецьк, ДонНУ, 2006, №2.– С. 332-348.
12. Ломонос Я.Г. Нечеткая модель терминологической разметки электронных текстов // Вестник ХНТУ. – 2006. – № 1(24). – С. 282–288.
13. Каргин А.А. Петренко Т.Г. Формализация моделей когнитивной психологии на основе технологии ситуационных интеллектуальных машин (часть 2). Вісник Донецького національного університету. Серія А. Природничі науки, Донецьк, ДонНУ, 2007, №1.