

Статистический анализ механизма формирования концептов-представлений в организационно-технических системах

Целью исследования является аналитическое описание одного из модулей организационно-технической системы, предназначенного для формирования чувственных образов и их преобразования в концепты-представления. В рамках компьютерной парадигмы в организационно-технических системах используются такие очевидные принципы, как цифровое представление информации и ее обработка с применением алгоритмов, реализуемых вычислительными средствами. Успехи применения компьютерной парадигмы являются, безусловно, впечатляющими, однако очевидно, что существуют такие ситуации, в которых человеческое сознание действует значительно эффективнее, интерпретируя нестандартные, новые ситуации с целью выработки адекватного реагирования. В связи с этим большой интерес представляют попытки моделирования некоторых механизмов человеческого сознания в рамках когнитивного подхода. В соответствии с представлениями когнитивной теории в человеческом мозге формируются образы (схемы, категории, гештальты, системы, архетипы и т.п.), которые затем обрабатываются. Предполагается, что возникшие образы, являются теми воздействиями, которые затем обрабатываются, воспринимаются, перерабатываются, используются организационно-технической системой для формирования концептов-представлений. Концепт-представление является обобщенным чувственно-наглядным образом рассматриваемого предмета или явления и характеризуется рядом признаков, число которых может меняться в процессе функционирования системы.

Для исследования статистических характеристик механизма формирования концептов-представлений в работе используется метод марковских цепей. Предполагается, что формирование чувственных образов и их преобразование в концепты-представления возникает в случайные моменты времени. Модуль

формирования концептов-представлений может находиться в одном из двух состояний, отвечающих логике его функционирования – либо его состояние не меняется, либо при формировании нового концепта-представления состояние модуля меняется. Введена в рассмотрение стохастическая матрица одношаговых переходных вероятностей, характеризующая изменения состояний модуля, а также соответствующие начальные вероятности состояний.

В результате применения теории марковских цепей с двумя состояниями приведены соотношения для вероятностей состояний модуля через произвольное число шагов, а также асимптотическое выражения для вероятностей состояний. Приведены графики изменения вероятностей состояний модуля в зависимости от числа шагов цепи, начальных вероятностей, вероятностей одношаговых переходов стохастической матрицы. Получены аналитические выражения и соответствующие графики для среднего числа пребываний модуля в конкретном состоянии, которые интерпретируются как среднее число коррекций существенных признаков концептов-представлений. Получены асимптотические соотношения для числа коррекций, а также дана оценка погрешности приближенных асимптотических соотношений.

Таким образом, в работе сформулирована весьма общая модель случайного процесса формирования чувственных образов и их преобразования в концепты-представления. Ключевой задачей практического применения модели является анализ логики функционирования конкретной организационно-технической системы и определение на этой основе фигурирующих в модели параметров.

Ключевые слова: Когнитивная система, концепт-представление, марковская цепь

Alexander A. Solodov

Kosygin Russian State University, Moscow, Russia

Statistical analysis of the formation mechanism of concepts-representations in organizational and technical systems

The aim of the research is the analytical description of one of the modules of the organizational and technical system, designed for the formation of sensual images and their transformation into concepts-representations. Within the framework of the computer paradigm in organizational and technical systems, such obvious principles as digital representation of information and its processing with the use of algorithms implemented by computing means are used. The success of the computer paradigm application is certainly impressive, but there are clearly situations in which human consciousness operates much more efficiently, interpreting the unconventional, the new situation with the aim of formulating an adequate response. In this regard, attempts to model some mechanisms of human consciousness within the framework of the cognitive approach are of great interest. In accordance with the ideas of cognitive theory in the human brain,

images (schemes, categories, gestalts, systems, archetypes, etc.) are formed and then are processed. It is assumed that the resulting images are those effects that are then processed, perceived, used by the organizational and technical system for the formation of concepts-representations. Concept representation is a generalized sensual-visual image of the object or phenomenon and is characterized by a number of features, the number of which may vary in the course of the system operation.

The method of Markov chains is used to study the statistical characteristics of the mechanism of formation of concepts-representations. It is assumed that the formation of sensual images and their transformation into concepts-representations occurs at random moments of time. The module of concept-representation formation can be in one of two states that correspond to the logic of its functioning - either

its state does not change, or when a new concept-representation is formed, the state of the module changes. A stochastic matrix of one-step transient probabilities, characterizing changes in the module states and corresponding initial probabilities of states is introduced. Because of application of the theory of Markov chains with two states, the relations for the probabilities of the module states through an arbitrary number of steps, as well as asymptotic expressions for the probabilities of states are given. The graphs of the module state probabilities change depending on the number of circuit steps, initial probabilities, probabilities of one-step transitions of the stochastic matrix are presented. Analytical expressions and corresponding graphs for the average number of stays in the module of a particular state are obtained,

which are interpreted as the average number of corrections of essential features of concepts-representations. The asymptotic relations for the number of corrections are obtained, and the error of the approximate asymptotic relations is estimated.

Thus, the paper formulates a very general model of the random process of formation of sensual images and their transformation into concepts-representations. The key task of the practical application of the model is to analyze the logic of the functioning of a particular organizational and technical system and to determine on this basis the parameters appearing in the model.

Keywords: cognitive system, concept-representation, Markov chain

Введение

На современном этапе развития организационно-технических систем актуальным является сочетание достижений компьютерных технологий и когнитивных подходов.

В рамках компьютерной парадигмы в организационно-технических системах используются такие очевидные принципы, как цифровое представление информации и ее обработка с применением алгоритмов, реализуемых вычислительными средствами [1, 2, 3] Успехи применения компьютерной парадигмы являются, безусловно, впечатляющими. Однако также очевидно, что существуют такие ситуации, в которых человеческое сознание действует значительно эффективнее, интерпретируя нестандартные, новые ситуации с целью выработки адекватного реагирования.

В связи с этим большой интерес представляют попытки моделирования некоторых механизмов человеческого сознания в рамках когнитивного подхода [1, 2, 4, 5, 6]. В соответствии с представлениями когнитивной теории [4, 7, 8] в человеческом мозге формируются образы (схемы, категории, гештальты, системы, архетипы и т.п.), которые затем обрабатываются. В работе не рассматриваются терминологические нюансы, связанные с определением основных понятий когнитивной теории и для обозначения упомянутых понятий используется термин «чувственный образ».

Предполагается, что возникшие образы, являются теми воздействиями, которые затем обрабатываются, воспринимаются, перерабатываются, используются организационно-технической системой для формирования концептов-представлений. Концепт-представление является обобщенным чувственно-наглядным образом рассматриваемого предмета или явления [9, 10, 11, 12, 13] и характеризуется рядом признаков, число которых может меняться в процессе функционирования системы.

Современная тенденция разработки организационно-технических систем состоит в применении модульного принципа проектирования интеллектуальных систем [9, 14, 15, 16, 17]

Вполне очевидно, что формирование чувственных образов и их преобразование в концепты-представления возникает в случайные моменты времени. Следуя [4], будем полагать, что «Человек всегда взаимодействует с информацией, полученной от органов чувств — дорабатывая ее в своем сознании».

В настоящей работе предпринято аналитическое описание одного из модулей организационно-технической системы, предназначенного для формирования чувственных образов и их преобразования в концепты-представления. Поскольку остальные модули системы не рассматриваются, то в работе упомянутый модуль именуется просто системой. Математическим инструментом такого описания являются марковские цепи.

В работе рассмотрена простейшая модель организационно-технической системы в виде марковской цепи с двумя состояниями, отвечающими логике функционирования системы. Дана интерпретация статистических характеристик состояний системы в терминах концептов-представлений. Изучено асимптотическое поведение марковской цепи.

1. Математическая модель организационно-технической системы

Будем полагать, что система функционирует в непрерывном времени, и предположим, что на входе системы дискретно (скачкообразно) возникают некоторые образы, под воздействие которых система меняет свое состояние. Более подробно это означает следующее [9]: «Ключевую роль в формировании и использовании концептов-представлений в задачах целенаправленного поведения играет модуль формирования концептов представлений для выявления существенных признаков, получаемых системой из внешнего мира в виде чувственных образов.

Выявление существенных признаков происходит следующим образом: из базы знаний извлекается концепт-представление для чувственного образа и используется как текущее множество существенных признаков. Из чувственного образа признаки сравниваются с текущим множеством существенных признаков

рассматриваемого концепта-представления. Если признаки чувственного образа совпадают с существенными признаками множества существенных признаков, то концепт-представление перезаписывается в базу знаний. Если чувственный образ содержит не все существенные признаки текущего множества существенных признаков концепта-представления, то отсутствующие существенные признаки помечаются как кандидаты на удаление из числа существенных признаков, после определенного числа повторений такой ситуации. Сформированные концепты-представления заносятся в базу знаний для хранения и использования».

В дальнейшем рассматривается только упомянутый модуль формирования концептов-представлений, поэтому для простоты он отождествляется со всей системой и именуется системой формирования концептов-представлений или просто системой.

Таким образом, в функционировании системы (модуля) формирования концептов-представлений отчетливо выделяются два состояния. Первое состояние, которое обозначим через A , характеризуется тем, что система свое состояние не меняет, а второе состояние, которое обозначим через B , характеризуется тем, что система свое состояние изменила.

Процесс появления чувственных образов [10] на входе системы объясняется внешними по отношению к системе факторами (внешней средой) и в ряде интересных содержательных приложений должен рассматриваться как случайный. Естественным инструментом описания таких изменений состояний является теория марковских цепей. В связи с этим введем в рассмотрение марковскую цепь, состоящую из двух описанных состояний A и B . Одношаговые переходные вероятности состояний системы определим следующим образом.

Если на предыдущем шаге система находилась в состоянии A , то вероятность перехода в состояние B обозначим через a , а если на предыдущем шаге система находилась в состоянии B , то вероятность перехода в состояние A обозначим через b . Смысл этих переходов вытекает из определения состояний системы. Так, переход из состояния A в состояние B означает процедуру формирования обновленного концепта-представления, обратный переход интерпретируется как восстановление состояния готовности к обработке нового чувственного образа. В этой трактовке указанные вероятности характеризуют как взаимодействие системы с внешним миром, так и собственную логику функционирования.

Под шагом марковской цепи будем понимать любое изменение в состоянии системы, которое может произойти в любое время, в том числе случайное. Однако в данной простейшей мо-

дели характеристики изменения состояний во времени не уточняются и считается, что изменения происходят в дискретные моменты, которые можно просто пронумеровать от нуля до текущего шага n .

Стохастическая матрица G одношаговых переходных вероятностей системы имеет в соответствии с введенными обозначениями вид

$$G = \begin{pmatrix} 1-a & a \\ b & 1-b \end{pmatrix} \quad (1.1)$$

В матрице первая строка и первый столбец соответствует состоянию A , вторая строка и второй столбец – состоянию B . Если $a = b = 0$, то оба состояния являются поглощающими, смена состояний не происходит, а если $a = b = 1$, то изменение состояний происходит детерминированным образом и если задано начальное состояние, то поведение системы будет неслучайным. В дальнейшем будем полагать, что вероятности a и b не равны нулю или единице одновременно.

Конечно, выбор вероятностей в матрице (1.1) должен производиться в результате содержательного анализа конкретного алгоритма функционирования системы. В общем виде можно только указать на ряд простейших ситуаций, а именно:

$1 - a = b = p$. В этом случае система с одинаковой вероятностью остается в одном из состояний, независимо от внешних воздействий.

$a = 0$. Состояние A является поглощающим и система не следует предписанному алгоритму, т.е. не реагирует на внешние воздействия.

$a = b$. Система полностью симметрична и безразлично реагирует на внешние воздействия.

Таким образом, нетривиальные выводы о функционировании системы могут быть сделаны, когда одношаговые вероятности переходов не достигают предельных значений.

Для использования основных соотношений введем следующие обозначения:

$p_A(n)$ – вероятность найти систему в состоянии A через n шагов,

$p_B(n)$ – вероятность найти систему в состоянии B через n шагов,

$P(n) = (p_A(n) \ p_B(n))$ – вектор-строка вероятностей состояний системы через n шагов

$P(0) = (p_A(0) \ p_B(0))$ – вектор-строка начальных вероятностей состояний системы.

Очевидно, что

$$p_A(n) + p_B(n) = 1, \quad n = 0, 1, \dots \quad (1.2)$$

Матрица вероятностей одношаговых переходов G и строка начальных вероятностей $P(0)$ полностью определяют поведение системы. Теория марковских цепей такого вида хорошо разработана [18, 19, 20]. В частности, вероятности состояния системы через n шагов определяется матричным соотношением

$$P(n) = P(0)G^n, \quad (1.3)$$

где через G^n обозначена n -я степень стохастической матрицы G .

Элементы $g_{ij}(n)$ ($i, j=1,2$) матрицы G^n определяют переходные вероятности системы через n шагов, причем

$$g_{11} + g_{12} = 1 \quad (1.4)$$

$$g_{21} + g_{22} = 1 \quad (1.5)$$

$$g_{12}(n) = \frac{a}{a+b} [1 - (1-a-b)^n], \quad (1.6)$$

$$g_{21}(n) = \frac{b}{a+b} [1 - (1-a-b)^n], \quad (1.7)$$

$$g_{11}(n) = \frac{b}{a+b} + \frac{a}{a+b} (1-a-b)^n, \quad (1.8)$$

$$g_{22}(n) = \frac{a}{a+b} + \frac{b}{a+b} (1-a-b)^n, \quad (1.9)$$

Подставляя выражения элементов матрицы G^n в (1.3), получим для элементов строки $P(n)$

$$p_A(n) = \frac{1}{a+b} [b + [(ap_A(0) - bp_B(0))(1-a-b)^n]], \quad (1.10)$$

$$p_B(n) = \frac{1}{a+b} [a + [(bp_B(0) - ap_A(0))(1-a-b)^n]], \quad (1.11)$$

Из соотношений (1.10) и (1.11) следует, что существует стационарное состояние при неограниченном увеличении числа шагов:

$$p_A(\infty) = p_A = \frac{b}{a+b} \quad (1.12)$$

$$p_B(\infty) = p_B = \frac{a}{a+b} = 1 - p_A \quad (1.13)$$

С учетом соотношений (1.2), (1.4) и (1.5) и трактовкой переходных вероятностей в дальнейшем будем интересоваться переходными вероятностями $g_{12}(n)$ и $g_{21}(n)$, связанными с изменением состояний, а также одной из абсолютных вероятностей $p_A(n)$ перехода системы через n шагов в состояние A .

$$\lambda = \left| 1 - \frac{kn p_B}{\sum_{i=1}^n g_{12}(i)} \right| = \left| 1 - \frac{np_B}{\sum_{i=1}^n g_{12}(i)} \right|$$

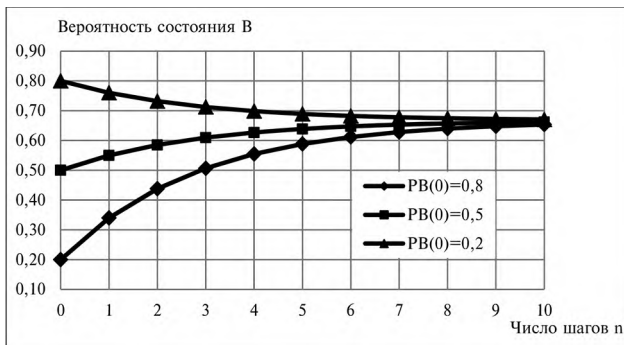


Рис. 1. Вероятности состояния B в зависимости от начальных условий

На рис. 1 представлен пример поведения вероятности состояния B системы в зависимости от числа шагов марковской цепи. Параметром является начальная вероятность пребывания системы в состоянии B. Из рисунка видно, что система практически достигает стационарного состояния (1.13) через 10 шагов. Необходимо отметить, что поведение указанной вероятности не всегда является монотонным.

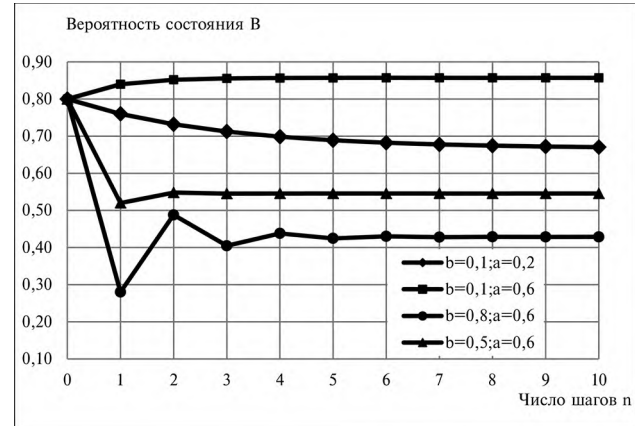


Рис. 2. Вероятность состояния B в зависимости от одношаговых вероятностей

На рис. 2 представлен пример типичного поведения вероятности состояния B в зависимости от числа шагов цепи, параметрами являются одношаговые вероятности изменения состояний a и b в стохастической матрице (1.1). И здесь наблюдается достаточно быстрое достижение соответствующих формуле (1.13) стационарных состояний.

2. Среднее число коррекций существенных признаков

Логика функционирования системы диктует необходимость оценки числа коррекций существенных признаков чувственного образа (обновлений концептов-представлений), реализуемых в системе (более конкретно – в модуле формирования концептов-представлений). В представленной модели такие коррекции реализуются в состоянии B, поэтому изучим статистические характеристики марковской цепи по отношению к этому состоянию, модифицируя метод, предложенный в [18].

Отождествим состояние A с нулем, а состояние B с единицей. Обозначим через $K_{12}(n)$ число корректируемых признаков концепта-представления в том случае, если система находится в состоянии B на шаге номер n при начальном состоянии A. Для простоты будем считать, что числа K_{12} являются случайными величинами, независимыми от других случайных величин, рассматриваемых в данной задаче.

Очевидно, что сумма $X_1 + X_2 + \dots + X_n$ представляет собой число раз, проведенных цепью

в состоянии B из общего числа n , а условная сумма $[X_1 + X_2 + \dots + X_n]/A$ равна случайному числу переходов цепи из состояния A в состояние B . Случайное число $S(n)$ скорректированных к шагу номер n признаков равно

$$S(n) = \{[X_1 K_{12}(1) + X_2 K_{12}(2) + \dots + X_n K_{12}(n)]/A\} \quad (2.1)$$

Вычислим математическое ожидание случайной величины $S(n)$ (2.1) с учетом того, что математическое ожидание произведения независимых случайных величин равно произведению их математических ожиданий, математическое ожидание случайной величины, принимающей значения 0 или 1 совпадает с вероятностью $P(X_n = 1)$, а также что $g_{12}(i) = P(X_i = 1|A)$. Получим следующие соотношения:

$$\begin{aligned} M\{S(n)\} &= M\{X_1|A\}M\{K_{12}(1)|A\} + \dots + \\ &+ M\{X_n|A\}M\{K_{12}(n)|A\} = g_{12}(1)M\{K_{12}(1)|A\} + \\ &+ g_{12}(2)M\{K_{12}(2)|A\} + \dots + g_{12}(n)M\{K_{12}(n)|A\} = \\ &= g_{12}(1)\kappa_{12}(1) + g_{12}(2)\kappa_{12}(2) + \dots + \\ &+ g_{12}(n)\kappa_{12}(n), \end{aligned} \quad (2.2)$$

где через $\kappa_{12}(i)$ обозначено математическое ожидание числа признаков, корректируемых на шаге номер i .

Соотношение (2.2) может быть использовано для определения среднего числа шагов, необходимых для коррекции первоначально воспринятого системой чувственного образа. Упрощение достигается, если положить, что все математические ожидания $\kappa_{12}(i)$ не зависят от номера шага и одинаковы, т.е.

$$\kappa_{12}(i) = \kappa_{12} = \kappa \quad (2.3)$$

Тогда

$$S(n) = \sum_{i=1}^n k_{j2} g_{12}(i) = \kappa \sum_{i=1}^n g_{12}(i) \quad (2.4)$$

Легко заметить, что в соотношении (2.4) сумма представляет собой среднее число пребывания системы в состоянии B , а среднее число коррекций пропорционально этой величине. В связи с этим в данной ситуации удобно

изучать поведение среднее число пребывания системы в состоянии B , пример которого в зависимости от параметров и с учетом (1.6) представлено на рис. 3.

3. Асимптотическое поведение системы

Представляет интерес изучение среднего значения числа коррекций признаков системы при неограниченном увеличении числа шагов n . Формально это число в соответствии с (2.4) равно

$$S(\infty) = \sum_{i=1}^n k_{j2} g_{12}(i) = \kappa \sum_{i=1}^{\infty} g_{12}(i) \quad (3.1)$$

Ряд (3.1) расходится, поскольку в соответствии с (1.8) предел общего члена ряда не равен нулю, а именно $\lim_{n \rightarrow \infty} g_{12}(n) = p_B$.

В связи с этим для изучения асимптотического поведения суммы $S(n) = \kappa \sum_{i=1}^n g_{12}(i)$ при неограниченном возрастании n разобьем ее на две части следующим образом. Определим такой номер шага L , при котором шаговая вероятность перехода $g_{12}(L)$ становится приблизительно равной финальной вероятности и сформируем выражение

$$S(n) = \kappa \sum_{i=1}^L g_{12}(i) + \kappa \sum_{i=L+1}^n p_B = S(L) + \kappa p_B (n - L)$$

Поскольку при любом L

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{S(n)}{\kappa n p_B} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{S(L) + \kappa p_B (n - L)}{\kappa n p_B} = 1$$

то при неограниченном возрастании n все более точным становится равенство

$$S(n) = \kappa \sum_{i=1}^n g_{12}(i) = \kappa n p_B \quad (3.2)$$

Относительная погрешность такой замены равна

$$\lambda = \left| 1 - \frac{\kappa n p_B}{\kappa \sum_{i=1}^n g_{12}(i)} \right| = \left| 1 - \frac{n p_B}{\sum_{i=1}^n g_{12}(i)} \right| \quad (3.3)$$

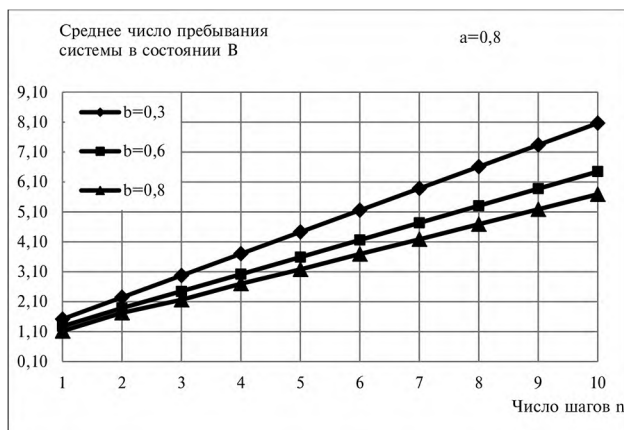


Рис. 3. Среднее число пребывания системы в состоянии B

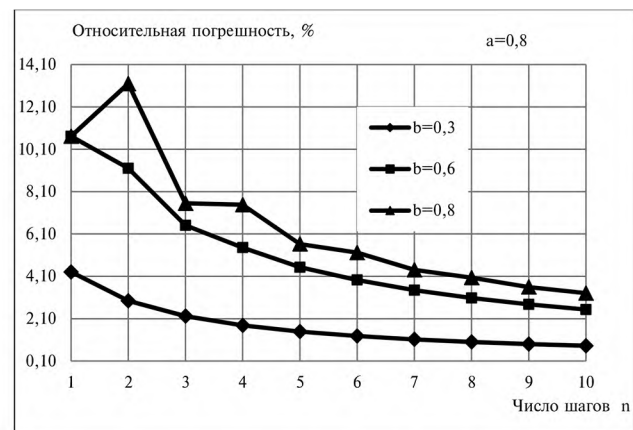


Рис. 4. Относительная погрешность

и стремится к нулю при неограниченном увеличении n .

Таким образом, если известно число признаков, подлежащих коррекции, то среднее число необходимых шагов определяется по формуле (3.2). Скорость сходимости суммы $S(n)$ к выражению knp_B зависит от одношаговых вероятностей a и b в выражении (1.1).

Пример поведения относительной погрешности замены (3.2) представлен на рис. 4, из которого следует, что при числе шагов около десяти относительная погрешность составляет единицы процентов.

Литература

1. Лапаева Л.Г., Быченков О.А., Рогаткин Д.А. Нейробиология, понятийные категории языка и элементарная модель мира робота // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ 2016 (3–7 октября 2016 г., г. Смоленск, Россия): Труды конференции. Т. 2. Смоленск: Универсум, 2016. С. 292–300.
2. Чудова Н.В. Концептуальное описание картины мира в задачах моделирования поведения // Искусственный интеллект и принятие решений. 2012. № 2.
3. Рыбина Г.В., Паронджанов С.С. Технология построения динамических интеллектуальных систем: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2011. 240 с.
4. Кузнецов О.П. Когнитивная семантика и искусственный интеллект // Искусственный интеллект и принятие решений. 2004. № 4. С. 32–42.
5. Трэмбач В.М., Когнитивный подход к созданию интеллектуальных модулей организационно-технических систем // Открытое образование. 2017. № 2. С. 78–87.
6. Рогаткин Д.А., Куликов Д.А., Ивлиева А.Л. Три взгляда на современные данные нейронаук в интересах интеллектуальной робототехники // Modeling of Artificial Intelligence. 2015. Vol. 6. Iss. 2.
7. Валькман Ю.Р. Когнитивная семиотика: гештальты и знаки, целостность и структура // Сборник трудов XV Международной конференции «Искусственный интеллект (КИИ-2016)», Россия, Смоленск, октябрь. 2016. Т. 2. С. 250–258.
8. Лакофф Д. Женщины, огонь и опасные вещи: Что категории языка говорят нам о мышлении. М.: 2004.
9. Трэмбач В.М. Интеллектуальная система с использованием концептов-представлений для решения задач целенаправленного поведения // Открытое образование. 2018. Т. 22. № 1. С. 28–37.
10. Трэмбач В.М. Решение задач управления в организационно-технических системах с ис-

Заключение

В работе сформулирована достаточно общая модель случайного процесса формирования чувственных образов и их преобразования в концепты - представления. Ключевой задачей применения модели является анализ логики функционирования конкретной организационно-технической системы и определение на этой основе фигурирующих в модели параметров.

Дальнейшее развитие предложенного подхода может быть связано с определением влияния на состояния системы внешних по отношению к ней условий.

References

1. Lapayeva L.G., Bychenkov O.A., Rogatkin D.A. Neyrobiologiya, ponyatiynnye kategorii yazyka i elementarnaya model' mira robota. Pyatnadsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiyem KII 2016 (3–7 October 2016, Smolensk, Russia): Trudy konferentsii. Vol. 2. Smolensk: Universum, 2016. P. 292–300. (In Russ.)
2. Chudova N.V. Kontseptual'noye opisaniye kartiny mira v zadachakh modelirovaniya povedeniya. Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy. 2012. No. 2. (In Russ.)
3. Rybina G.V., Parondzhanov S.S. Tekhnologiya postroyeniya dinamicheskikh intellektual'nykh sistem: Uchebnoye posobiye. Moscow: NIYAU MIFI, 2011. 240 p. (In Russ.)
4. Kuznetsov O.P. Kognitivnaya semantika i iskusstvennyy intellekt. Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy. 2004. No. 4. P. 32–42. (In Russ.)
5. Trembach V.M., Kognitivnyy podkhod k sozdaniyu intellektual'nykh moduley organizatsionno-tekhnicheskikh sistem. Otkrytoye obrazovaniye. 2017. No. 2. P. 78–87. (In Russ.)
6. Rogatkin D.A., Kulikov D.A., Ivliyeva A.L. Tri vzglyada na sovremennyye dannyye neyronauk v interesakh intellektual'noy robototekhniki. Modeling of Artificial Intelligence. 2015. Vol. 6. Iss. 2. (In Russ.)
7. Val'kman YU.R. Kognitivnaya semiotika: geshtal'ty i znaki, tselostnost' i struktura. Sbornik trudov XV Mezhdunarodnoy konferentsii «Iskusstvennyy intellekt (KII-2016)», Russia, Smolensk, October 2016. Vol. 2. P. 250–258. (In Russ.)
8. Lakoff D. ZHenshchiny, ogon' i opasnyye veshchi: CHto kategorii yazyka govoryat nam o myshlenii. Moscow: 2004. (In Russ.)
9. Trembach V.M. Intellektual'naya sistema s ispol'zovaniyem kontseptov-predstavleniy dlya resheniya zadach tselenapravlennoy povedeniya. Otkrytoye obrazovaniye. 2018. Vol. 22. No. 1. P. 28–37. (In Russ.)
10. Trembach V.M. Resheniye zadach upravleniya v organizatsionno-tekhnicheskikh sistemakh s is-

пользованием эволюционирующих знаний: монография. М.: МЭСИ, 2010. 236 с.

11. Саттон Р.С. Барто Э.Г. Обучение с подкреплением. пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 399 с.

12. Гаврилова Т. А., Кудрявцев Д. В., Муромцев Д. И. Инженерия знаний. Модели и методы: Учебник. СПб.: Издательство «Лань», 2016. 324 с.

13. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем: учеб. пособие М.: Финансы и статистика. 2010. 432 с.

14. Трембач В.М. Многоагентная система для решения зада целенаправленного поведения. // Четырнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ 2014 (24–27 сентября 2014 г., г. Казань, Россия): Труды конференции. Т. 1. Казань: Изд-во РИЦ «Школа», 2014. С. 344–353.

15. Тельнов Ю.Ф. Модель многоагентной системы реализации информационно-образовательного пространства // Четырнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2014 (24–27 сентября 2014 г., г. Казань, Россия): Труды конференции. Т. 1. Казань: Изд-во РИЦ «Школа», 2014. С. 334–3435.

16. Rosch E. Cognitive representations of semantic categories. Journal of Experimental Psychology, 1975. 104. P. 192–233.

17. Lakoff J. Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind. Chicago. University of Chicago Press, 1987.

18. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. М.: Советское радио, 1977. 488 с.

19. Тихонов. В.И., Кульман Н.К. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. М.: Советское радио, 1975. 704 с.

20. Кемени. Дж., Снелл Дж., Томпсон Дж. Введение в конечную математику. Пер. с англ. М.: Издательство иностранной литературы, 1963. 486 с.

pol'zovaniyem evolyutsioniruyushchikh znaniy: monografiya. Moscow: MESI, 2010. 236 p. (In Russ.)

11. Satton R.S. Barto E.G. Obucheniye s podkrepleniyyem. Tr. fr. Eng. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2011. 399 p. (In Russ.)

12. Gavrilova T. A., Kudryavtsev D. V., Muromtsev D. I. Inzheneriya znaniy. Modeli i metody: Uchebnik. Saint Petersburg: Izdatel'stvo «Lan'», 2016. 324 p. (In Russ.)

13. Rybina G.V. Osnovy postroyeniya intellektual'nykh sistem: ucheb. posobiye Moscow: Finansy i statistika. 2010. 432 p. (In Russ.)

14. Trembach V.M. Mnogoagentnaya sistema dlya resheniya zada tselenapravlenno go povedeniya.. CHetyrnadtsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiyem KII 2014 (24–27 Sep. 2014, Kazan', Russia): Trudy konferentsii. Vol. 1. Kazan': Izd-vo RITS «SHkola», 2014. P. 344–353. (In Russ.)

15. Tel'nov YU.F. Model' mnogoagentnoy sistemy realizatsii informatsionno-obrazovatel'nogo prostranstva. CHetyrnadtsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiyem KII-2014 (24–27 Sep. 2014, Kazan', Russia): Trudy konferentsii. Vol. 1. Kazan': Izd-vo RITS «SHkola», 2014. P. 334–3435. (In Russ.)

16. Rosch E. Cognitive representations of semantic categories. Journal of Experimental Psychology, 1975. 104. P. 192–233.

17. Lakoff J. Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind. Chicago. University of Chicago Press, 1987.

18. Tikhonov V.I., Mironov M.A. Markovskiye protsessy. Moscow: Sovetskoye radio, 1977. 488 p. (In Russ.)

19. Tikhonov. V.I., Kul'man N.K. Nelineynaya fil'tratsiya i kvazikogerentnyy priyem signalov. Moscow: Sovetskoye radio, 1975. 704 p. (In Russ.)

20. Kemeni. Dzh., Snell Dzh., Tompson Dzh. Vvedeniye v konechnuyu matematiku. Tr. fr. Eng. Moscow: Izdatel'stvo inostrannoy literatury, 1963. 486 p. (In Russ.)

Сведения об авторе

Александр Александрович Солодов
Д.т.н, профессор, профессор кафедры
Прикладной математики и программирования
Российский государственный университет
им. А.Н. Косыгина, Москва, Россия
Эл. почта: aasol@rambler.ru

Information about the author

Aleksander A. Solodov
Dr. Sci. (Engineering), Professor, Professor of the
Department of applied mathematics and programming
Kosygin Russian State University,
Moscow, Russia
E-mail: aasol@rambler.ru