

УДК 004.85 : 004.81

А. А. Каргин, д-р техн. наук,
Н. В. Крачковский

КОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОТОТИПОВ В ЗАДАЧЕ САМООБУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. Рассматривается формализация процедуры формирования прототипов ситуации и управления в задаче самообучения мотивированной контекстной ситуационной системы управления. Приведены механизм и математическая модель формирования структуры ситуационных агентов, которые управляют поведением системы. Компьютерный эксперимент демонстрирует закрепление ситуационного агента, который управляет предотвращением столкновения робота с препятствием.

Ключевые слова: мотивированные контекстные ситуационные системы управления, когнитивная психология: мотив и контекст, самообучение ситуационных систем управления, когнитивные и рефлексорные многоагентные системы

A. A. Kargin, ScD.,
M. V. Krachkovsky

COGNITIVE MODEL OF PROTOTYPES FORMING IN THE TASK OF SITUATION CONTROL SYSTEM SELF-LEARNING

Abstract. This article describes the formalizing of process of situation and control prototypes forming in the task of self-learning of motivated context situation control system. There are procedure and math model of forming of situation agents structure which control the system behavior. Computer experiment describes the founding of situation agent which controls the avoidance of the collision with obstacle.

Keywords: motivated context situation control system, cognitive psychology: motive and context, self-learning of situation control systems, cognitive and reflective multiagent systems

А. О. Каргин, д-р техн. наук,
М. В. Крачковський

КОГНІТИВНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ПРОТОТИПІВ У ЗАДАЧІ САМОНАВЧАННЯ СИСТЕМИ СИТУАЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ

Анотація. Розглядається формалізація процедури формування прототипів ситуації та керування під час самонавчання мотивованої контекстної ситуаційної системи керування. Подано механізм та математична модель формування структури ситуаційних агентів, які керують поведінкою системи. Комп'ютерний експеримент демонструє закріплення ситуаційного агента, який керує запобіганням зіткнення з перешкодою.

Ключові слова: мотивовані контекстні ситуаційні системи керування, когнітивна психологія: мотив та контекст, самонавчання ситуаційних систем керування, когнітивні та рефлексорні багатоагентні системи

Введение. В статье рассматривается задача управления сложными робототехническими комплексами, которые могут использоваться либо для снижения производственных затрат, либо в случаях, когда непосредственное управление человеком затруднено. Поведение, которое должна демонстрировать система, может быть охарактеризовано как сложное в условиях отсутствия полной информации на начальном этапе (функционирование в открытой среде). Для управления такими комплексами применяются ситуационные системы управления [1]. Возникновение новых требований к поведению системы в процессе её функционирования требует обучения этой системы. Известные подходы

к обучению, в основном, базируются на моделях искусственных нейронных сетей [2, 3], поведенческих сетей [4], развивающегося интеллекта [5].

В статье рассматривается задача обучения в системах ситуационного управления, модифицированных на основе данных когнитивной психологии [6]. Модель мотивированного контекстного ситуационного управления [7] хранит в памяти не просто набор прототипов «ситуация–действие», характерный для классических систем ситуационного управления, а прототипы последовательностей действий, названные скриптами.

Схематично организацию системы мотивированного контекстного ситуационного управления можно представить в виде, показанном на рис. 1. Она включает следующие

© Каргин А.А., Крачковский Н.В., 2013

компоненты: множества сенсоров
 $SN = \{sn_i\}_{i=1}^{ns}$, ситуационных агентов
 $CA = \{CA_j\}_{j=1}^{na}$, эффекторов $U = \{u_k\}_{k=1}^{nu}$ и
 множество мотивов $M = \{m_l\}_{l=1}^{nm}$. Поведение системы определяется взаимодействием агентов с окружением: ситуацией, формирующей значения нечётких характеристик сенсорных элементов, и мотивом.

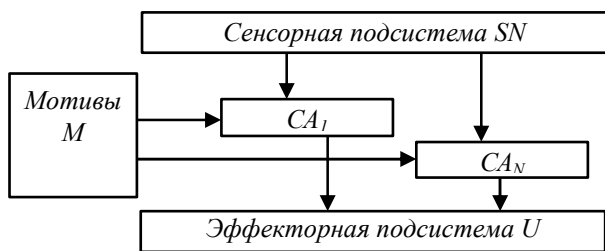


Рис. 1. Общая схема системы управления

Ситуационный агент представляет упорядоченное контекстом множество ситуационных элементов $\{ce_i\}_{i=0}^n$, как показано на рис. 2.

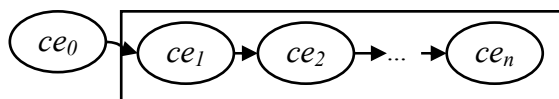


Рис. 2. Схематичное строение ситуационного агента

Постановка задачи. Для появления у системы нового поведения требуется создание нового ситуационного агента или модификация одного из существующих ситуационных агентов. Так, система до обучения может обладать только одним ситуационным агентом, основанным на мотиве самосохранения. Пусть данный агент, в случае столкновения с препятствием, обеспечивает движение назад. Однако, в случае высокой скорости движения, остаётся вероятность повреждения робота. Более безопасным поведением является останов или поворот робота до столкновения с препятствием, но для демонстрации данного поведения необходимо сформировать новый ситуационный агент.

В статье излагается модель и метод автономного формирования нового ситуационного агента из нескольких ситуационных элементов, связанных в контекстную цепочку. Метод базируется на обобщении теорий обучения (Э. Торндайка, Б. Скиннера, И. Павло-

ва [8]), изученных в когнитивной психологии.

Формализм обучения опирается на модели поведения (управления) [9], отражающие развитие структуры системы, показанной на рисунках 1 и 2. Сенсорный элемент sn формализован моделью элементарного свойства и описывается нечёткой характеристикой состояния (активностью) [10].

Ситуационный элемент ce контекстной цепочки (рис. 2), характеризуется:

- нечётким прототипом ситуации – S ;
- нечётким прототипом управления – R ;
- контекстной связью – K ;
- мотивированной связью – M .

Каждая из данных характеристик представляет собой множество нечётких множеств вида (1)

$$\tilde{A} = \left\{ A_i = \left\{ x \mid \mu_{\tilde{A}_i}(x) \right\} \right\}, x \in [-1, +1], \quad (1)$$

$$\mu_{\tilde{A}_i}(x) = 2 \cdot \exp \left(- \frac{\left(x - \alpha_{\tilde{A}_i} \right)^2}{2\beta_{\tilde{A}_i}^2} \right) - 1.$$

В рассмотренных [11] концептуальных моделях задача обучения сводится к формированию нового ситуационного агента.

Создание нового ситуационного агента предлагается рассматривать как многоэтапный процесс обучения, на каждом этапе которого формируется ситуационный элемент путём нахождения вышеперечисленных характеристик: прототипов ситуации \tilde{S} и управления R ; нечётких характеристик мотива M и контекстной связи K .

Первый шаг каждого этапа обучения начинается с обработки информации для выделенного не специфицированного „пустого“ ситуационного элемента, который будет служить базой для образования нового элемента. Данный элемент обладает потенциальными связями со всеми существующими компонентами: контекстные с агентами; информационные с сенсорами и управлением; связи с мотивами. Эти связи имеют нейтральные значения нечётких характеристик. Структура ситуационного элемента и его потенциальные связи показаны на рис. 3.

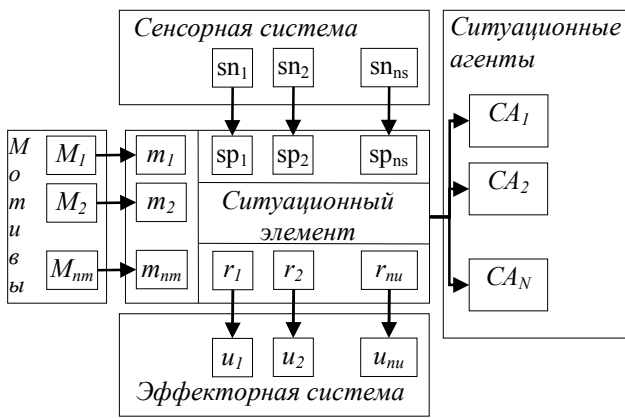


Рис. 3. Структура ситуационного элемента

На последующих i -х шагах обучение происходит в моменты времени kT на основе подкрепления: произошло изменение (падение) нечёткой характеристики активности мотива. Значения перечисленных характеристик ситуационного элемента в моменты времени kT находятся по модели обучения Y на основании значений этих характеристик в предыдущий момент времени, а также вектора активности сенсоров MS , действий MR и мотива MM .

$$\langle S, R, M, K \rangle_{kT} = Y \left(\langle \hat{S}, \hat{R}, M, K \rangle_{(k-1)T}, MS, MR, MM \right) \quad (2)$$

где $MS = \langle S((k-j)T) \rangle_{j=0}^d$, $MR = \langle R((k-1)T) \rangle_{j=0}^d$,

$MM = \langle M((k-j)T) \rangle_{j=0}^d$, $S(kT) = \left\{ A_i^{sn}(kT) \right\}_{i=1}^{ns}$,

$R(kT) = \left\{ A_i^u(kT) \right\}_{i=1}^{nu}$, $M(kT) = \left\{ A_i^M(kT) \right\}_{i=1}^{nm}$.

Целью настоящей статьи является формализация процедуры формирования прототипов \hat{S} и \hat{R} модели Y обучения (2).

Формальная модель обучения. Прототип ситуации представлен множеством нечётких характеристик элементов $\{sp_i\}$, соответствующих сенсорам $\{sn_i\}$ сенсорной системы. Формирование прототипа ситуации, который представлен в виде множества (1), в kT момент времени вычисляется согласно выражению

$$A_i^{sp}(kT) = \arg \min_{j=0, d} \beta_{A_i((k-j)T)}, \quad (3)$$

где $A_i((k-j)T)$ – расчётная нечёткая характеристика элемента sp_i , модифицированная с учётом влияния эффективности обучения и величины подкрепления относительно момента времени $(k-j)T$; d – глубина сенсорной памяти.

Формализация $A_i((k-j)T)$ имеет вид

$$A_i((k-j)T) = \{x | \mu(x) = \exp \left[- \frac{\left(x - \alpha_{A_i((k-j)T)} \right)^2}{2 \cdot \left(\beta_{A_i((k-j)T)} \right)^2} \right] \}, \quad (4)$$

где $\alpha_{A_i((k-j)T)} = (1-q) \cdot \alpha_{A_i^{sp}(kT)} + q \cdot \alpha_{A_i^{sn}((k-j)T)}$;

$\beta_{A_i((k-j)T)} = (1-q) \cdot \beta_{A_i^{sp}(kT)} + q \cdot \beta_2$;

$$\beta_2 = \frac{4\beta_{A_i^{sn}((k-j)T)}}{I_{ms}(jT) \left(\alpha_{Q_j^M(kT)} + 1 \right) \left(\alpha_{A_i^{Asn}((k-j)T)} + 1 \right)} + \frac{\beta_{Q_j^M(kT)} + \beta_{A_i^{Asn}((k-j)T)}}{I_{(ms)}(jT)}$$

$q = \varphi \cdot e^{-\beta_2}$; φ – параметр скорости обучения; $A_i^{Asn}((k-j)T)$ – нечёткая характеристика скорости изменения сенсора sn_i в момент времени $(k-j)T$; $Q_j^M(kT)$ – нечёткая характеристика подкрепления.

По данным когнитивной психологии [8] процесс обучения происходит с различной эффективностью, которая определяется такими параметрами, как время между предъявлением стимула, совершённой реакцией и полученным подкреплением. Предлагается эту зависимость представить в виде

$$I_m(x) = \frac{x}{m} \cdot e^{\frac{1-x}{m}}, x \geq 0, \quad (5)$$

где x – время от предъявления стимула до

подкрепления, для $x < 0$ можно считать значение равным 0; m – параметр, задающий значение оптимального времени.

Вторым фактором, влияющим на эффективность обучения, является величина подкрепления – явились ли последствия действия полезными для объекта. Формализация представлена ниже:

$$\begin{aligned} \underline{Q}_j^{\bar{M}}(kT) &= \{x | \mu(x) = \\ &= \exp \left[- \frac{\left(x - \alpha_{\underline{Q}_j^{\bar{M}}(kT)} \right)^2}{2 \cdot \beta_{\underline{Q}_j^{\bar{M}}(kT)}^2} \right] \}, \\ \alpha_{\underline{Q}_j^{\bar{M}}(kT)} &= m \left(\alpha_{\underline{A}^{\bar{M}}((k-j)T)} - \alpha_{\underline{A}^{\bar{M}}(kT)} \right), \\ \beta_{\underline{Q}_j^{\bar{M}}(kT)} &= \beta_{\underline{A}^{\bar{M}}((k-j)T)} - \beta_{\underline{A}^{\bar{M}}(kT)}, \\ m(x) &= \frac{x}{2} \cdot \left| \frac{x}{2} \right|^\gamma, -1 < \gamma \leq 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Параметр γ влияет на эффективность обучения при малых изменениях мотива.

Реальное изменение мотива может быть слишком удалено во времени, чтобы привести к обусловливанию, поэтому в работах физиологов вводилось понятие стимула потребности [8]. Он формализован в данной работе при описании подкрепления как суммарный мотив, который определяется на основании реального и фантомного мотивов. Под фантомным мотивом понимается ожидаемое значение мотива, оно является основой предупреждения системы

$$\underline{A}_i^{\bar{M}}(kT) = \underline{A}_i^{\bar{M}}(kT) \oplus \underline{A}_i^{M'}(kT), \quad (7)$$

где M' – фантомная активация мотива, \oplus – операция нечёткого накопления.

Данная форма позволяет описать такие явления, как стимул потребности, обучение при отсутствии реального мотива (например, ситуации опасности), а также отсутствие обучения в случае эффективности существующих реакций.

Прототип реакции, аналогично прототипу ситуации, представлен множеством вида (1). Элемент данного множества определяется по формуле

$$\underline{A}_i^r(kT) = \arg \min_{j=0, \dots, d} \beta_{\underline{A}^{R}((k-j)T)}, \quad (8)$$

где $\underline{A}^{R}((k-j)T)$ – расчётная нечёткая характеристика управления r_i , модифицированная с учётом влияния эффективности обучения и величины подкрепления на момент времени $(k-j)T$, значение характеристики находится аналогично (4).

Параметр эффективности обучения (5) для реакции должен быть меньше, чем параметр для ситуации, так как реакция выполняется с некоторой задержкой после предъявления стимула.

При формировании контекстной связи (9) между ситуационными элементами se_h и se_k величина нечёткой характеристики этой связи будет изменяться в соответствии с полученным подкреплением (6):

$$\begin{aligned} \alpha_{\underline{A}_{k,h}^{co}(kT)} &= (1 - \varphi) \cdot \alpha_{\underline{A}_{k,h}^{co}((k-1)T)} + \\ &+ \varphi \cdot \alpha_{\underline{Q}_j^{\bar{M}}(kT)}. \end{aligned} \quad (9)$$

Компьютерный эксперимент. Компьютерный эксперимент проводился на комплексе, состоящем из робота LEGO MINDSTORMS NXT, который удалённо управляется компьютером при помощи Bluetooth. Целью эксперимента было обучение робота поведению, позволяющему избежать столкновения с препятствием.

В качестве примера рассмотрим обучение, которое будет выражаться в образовании ситуационного агента, в начале состоящего из одного ситуационного элемента. Для формирования данного ситуационного элемента необходимы: мотив, прототип ситуации и прототип реакции. Контекст в данном случае будет «нулевым». Объектом управления в примере использована модель подвижного робота с двумя независимо управляемыми колесами. Третье колесо пассивное и обеспечивает устойчивость. Из датчиков робота использованы датчик соприкосновения и расстояния, оба направлены вперёд.

Информация от двух датчиков гранулирована так, что на показаниях датчиков формируются нечёткие характеристики 22 элементарных сенсора [7]: Два из них для датчика соприкосновения (snt_0 , snt_1) и 20 для

датчика расстояния для разного уровня детализации (от 2 до 6 сенсоров на область детектирования датчика: $snd_{i,j}, i = \overline{1,5}, j = \overline{0,i}$).
 Подробнее датчики описаны в [9].

В качестве мотива выберем мотив самосохранения робота, который основан на snt_1 : если сработал датчик, то есть угроза столкновения.

В случае столкновения робота с препятствием, обучение избеганию будет происходить в два этапа: формирование знания о столкновении и собственно обучение избеганию. В случае обучения сложному поведению эти этапы будут повторяться.

Обучение было выполнено по следующей схеме. Робот движется по прямой к стенке со средней скоростью. При столкновении со стенкой возрастает активность мотива самосохранения. Ситуация соответствует прототипу изначально закреплённого агента CA_1 , выдаётся управление в соответствии с прототипом реакции — робот останавливается и отъезжает от стенки. До обучения траектория движения робота показана на рис. 4,а и представляет собой горизонтальную линию. Вертикальной линией показана стена.

В момент активизации мотива самосохранения происходит обучение упреждающей ситуации – формируется прототип, описывающий малое расстояние до препятствия и движение вперёд. В процессе компьютерного эксперимента на основании нескольких столкновений данный прототип закрепляется и начинает активизировать фантомный мотив самосохранения до столкновения.

Затем, при приближении робота к стене, подаётся команда поворота вправо, которая позволяет избежать столкновения со стеной, траектория показана на рис. 4, б, мотив не активизируется, а значит, активность \bar{M} падает, что соответствует подкреплению. В этом случае происходит обучение системы: формируется прототип реакции (8). В качестве мотива используется мотив, который был погашен – мотив самосохранения. «Пустой» ситуационный элемент специфицируется.

При повторении ситуации, в которой ожидается столкновение, и поворот вправо позволяет избежать его, снова происходит

обучение – прототипы ситуационного элемента модифицируются и закрепляются. На рис. 4, в показана траектория, выработанная управлением вновь сформированного ситуационного элемента после серии экспериментов обучения.

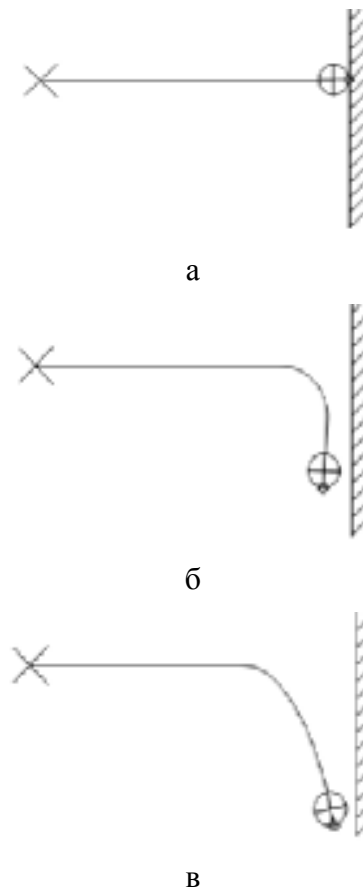


Рис. 4. Поведение робота при приближении к стенке:
 а – до обучения; б – эталонная реакция;
 в – после обучения

Рассмотрим процесс обучения при $T=25$ мс, $\gamma = -0,5$, $\phi = 0,15$ в момент времени $k=199$ для ситуации моделирования, показанной на рис. 4, б. До обучения прототип ситуации включает нейтральные значения, заданные параметрами $\alpha = 0$, $\beta = 10^9$. В качестве примера возьмём расчёт параметров элемента прототипа ситуации $spd_{3,1}$, при $j=23$ – значение j , при котором достигается минимум (3), $\alpha_{\tilde{A}_i^{sn}((k-j)T)} = 0,752401$ – соответствует значению датчика в указанный момент, эффективность обучения (5) равна $I_{0,5}(jT) = 0,989814$, параметры характеристической функции полученного подкрепле-

ния (6) $\alpha_{Q_j^{\bar{m}}(kT)} = 0,397159$, $\beta_{Q_j^{\bar{m}}(kT)} \approx 1$. Тогда получаем параметр актуальности, необходимый для получения элемента прототипа

$$\beta_2 \approx \frac{4 \cdot 0,01}{0,989814 \cdot (0,397159 + 1) (-0,885438 + 1)} + \frac{1 + 0,1}{0,989814} = 0,25248 + 1,11132 = 1,3638.$$

При $k=230, j=22$ аналогичными расчётами получаем $\alpha_{A_i^{sn}((k-j)T)} = 0,99935$,

$\beta_2 = 1,22682$. В результате аккумуляции 40 шагов обучения получаем $\alpha_{A^{spd}_{3,1}} = 0,970216$,

$$\beta_{A^{spd}_{3,1}} = 1,2202.$$

Таким образом, закрепление успешной реакции позволяет системе избегать столкновения с препятствием в дальнейшем без необходимости поиска. Прототип ситуации сформированного элемента приведен в таблице первая колонка – название элемента прототипа ситуации, вторая – активность, третья – актуальность информации (значение $1e+09$ соответствует неактуальной информации).

Прототип ситуации нового элемента

Элемент	α	β
spt_0	0	1e+09
spt_1	0	1e+09
spd_1,0	0.635513	1.35843
spd_1,1	0.645424	1.27956
spd_2,0	0.564836	1.22391
spd_2,1	0.849021	1.21901
spd_2,2	-0.159781	1.20963
spd_3,0	0.372006	1.17256
spd_3,1	0.970216	1.2202
spd_3,2	0.114032	1.16835
spd_3,3	-0.423027	1.24622
spd_4,0	0.0234204	1.15075
spd_4,1	0.0501543	1.24328
spd_4,2	0.461091	1.15007
spd_4,3	-0.373791	1.19489
spd_4,4	-0.209644	1.28521
spd_5,0	-0.18101	1.14069
spd_5,1	0.223865	1.19231
spd_5,2	0.656696	1.14111
spd_5,3	-0.187788	1.16403
spd_5,4	-0.109184	1.2403
spd_5,5	0.369413	1.30895

На следующем этапе аналогичным методом был сформирован второй ситуационный

элемент агента, для ситуации, когда робот движется с высокой скоростью и не успевает повернуть. Он вырабатывает управление — снижает скорость робота, что позволяет избежать столкновения с препятствием.

Выводы. В статье предложен новый подход к обучению в ситуационных системах управления, отличающийся от известных. Базирующихся на нейронных сетях и нечетких системах тем, что в нём формализованы теории обучения, освещённые в когнитивной психологии. Рассмотрена формализация процедуры формирования прототипов ситуации и управления в задаче самообучения. Компьютерные эксперименты подтверждают практически применимость метода, обеспечивающего формирование новых структур ситуационного агента, определяющего поведение системы управления.

Список использованной литературы

1. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: Теория и практика [текст] / Д. А. Поспелов – М. : Наука. – Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1986. – 288 с.
2. Терехов В. А. Нейросетевые системы управления [текст] / В. А. Терехов, Д. В. Ефимов, И. Ю. Тюкин – М. : Высш. шк., 2002.
3. Tan A.-H., (2007), Intelligence through interaction: towards a unified theory for learning [текст] / A.-H. Tan, G. A. Carpenter, S. Grossberg – *Advances in neural networks*. – No. 1. – Pp. 1094 – 1103.
4. Maes P., (1990), Learning to Coordinate Behaviors [текст] / P. Maes, P. Brooks – AAAI Press/MIT Press – Proceedings of the Eighth National Conference on Artificial Intelligence. – Pp. 796 – 802.
5. Meng Y., (2011), Bio-Inspired Self-Organizing Robotic Systems [текст] / Yan Meng, Yaochu Jin – Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 273 p. – ISBN 978-3-642-20759-4.
6. Солсо Р. Когнитивная психология [текст] / Р. Солсо – СПб. : Питер, 2002. – 592 с.
7. Каргин А. А. Управление мобильным роботом на основе гетерогенной информации [текст] / А. А. Каргин, Н. В. Крачковский – Херсон : Вісник ХНТУ – 2011. – № 2(41). – С. 339 – 340.
8. Хегенхан Б. Теории научения [текст] / Б.

Хегенхан, М. Олсон : Перевод на русский язык ЗАО Издательский дом «Питер». – [6-е издание]. – СПб. : Питер, 2004. – 474 с. : ил. – (Серия «Мастера психологии»). – ISBN 5-94723-033-X.

9. Каргин А. А. Об одной модели ситуационного управления подвижным роботом [текст] / А. А. Каргин, Крачковский Н. В. – Харків: Науково-технічний журнал «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» – 2011. – № 4(89). – С. 12 – 17.

10. Каргин А. А. Введение в интеллектуальные машины. Книга 1. Интеллектуальные регуляторы [текст] / А. А. Каргин. – Донецк : Норд-Пресс, ДонНУ, 2010. – 526 с.

11. Каргин А. А. Модели обучения системы мотивированного контекстного ситуационного управления [текст] / А. А. Каргин, Крачковский Н. В. – Херсон : Вісник ХНТУ – 2012. – №1(44). – С.257 – 260.

Получено 07.02.2013

References

1. Pospelov D. A., (1986), Situation Control: Theory and Practice / D. A. Pospelov – Moscow : Nauka. – *Main editorial office of phys-math literature*, – 288 p. [in Russian]

2. Terekhov V. A., (2002), Neural network control systems / V. A. Terekhov, D. V. Yefimov, I. Y. Tiukin – Moscow : *Visshaya shkola* [in Russian].

3. Tan A.-H., (2007), Intelligence through interaction: towards a unified theory for learning / A.-H. Tan, G. A. Carpenter, S. Grossberg // *Advances in neural networks*. –No. 1. – Pp.1094 – 1103 [in English].

4. Maes P., (1990), Learning to Coordinate Behaviors– AAAI Press / P. Maes, P. Brooks // *MIT Press – Proceedings of the Eighth National Conference on Artificial Intelligence*. – Pp. 796 – 802 [in English].

5. Yan Meng, Yaochu Jin, (2011), Bio-Inspired Self-Organizing Robotic Systems – Springer-Verlag Berlin Heidelberg – 273 p. [in English].

6. Solso R., (2002), Cognitive Psychology [in Russian] – St. Petersburg : Piter, – 592 p.

7. Kargin A. A., (2011), Control of Mobile Robot on Base of Heterogenic Information / A. A. Kargin, M. V. Krachkovsky – Kherson : *KNTU bulletin* – No. 2(41). – Pp. 339 – 340 [in Russian].

8. Hergenahn B., (2004), Introduction to the Theories of Learning; Translation to Russian / B. Hergenahn, M. Olson – close corporation Publishing House “Piter”. – [6th issue]. – St. Petersburg: Piter, – 474 p. – (“Psychology Masters” series). – ISBN 5-94723-033-X [in Russian].

9. Kargin A. A., (2011), About One Model of Situation Control of Mobile Robot / A. A. Kargin, M. V. Krachkovsky – Kharkiv : *Scientific and technical magazine “Informatsiyno-keruyuchi systemy na zaliznychnomu transporti”*. – No. 4 (89). – Pp. 12 – 17 [in Russian].

10. Kargin A. A., (2010), Introduction to Intelligent Machines. Book 1. Intelligent Regulators / A. A. Kargin – Donetsk : *Nord-Press, DonNU*, – 526 p. [in Russian].

11. Kargin A. A., (2012), Models of Learning of Motivated Context Situation Control System / A. A. Kargin, M. V. Krachkovsky – Kherson: *KNTU bulletin* – No. 1 (44). – Pp. 257 – 260 [in Russian].



Каргин
Анатолий Алексеевич,
д-р техн. наук Донецкого
нац. ун-та, декан физико-
технического ун-та,
+38(062)305-14-18,
kargin@dongu.donetsk.ua



Крачковский
Николай Владимирович,
ст. преподаватель Донецкого
нац. ун-та,
+38(063)850-18-45,
krachkosky@mail.ru