

УДК 519.688; 519.711.2; 51-77

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ И КРАТКОВРЕМЕННОЙ ПАМЯТИ РОБОТОВ

Шарапов Ю.А., Пенский О.Г.

ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
Пермь, e-mail: j.a.sharapov@gmail.com

В статье введены математические понятия эталонной эмоции, итоговой эмоции и итогового воспитания роботов. Обозначена проблема ограниченности функции воспитания робота (пресыщения воспитания) и ее решение на основе гипотезы психолога Д.Н. Узнадзе. Введены понятия «отклонения от предельного воспитания», «относительной невосприимчивости к воспитанию» и «уровня воспитания робота». На основе гипотезы Д.Н. Узнадзе построена модель долговременной памяти робота, которая так же как и кратковременная память робота является относительной и безразмерной величиной. Эта модель устанавливает аналитическую связь долговременной памяти робота с его кратковременной памятью, относительной невосприимчивостью к воспитанию и уровнем его воспитания. В статье описаны некоторые свойства функции долговременной памяти робота, построены соответствующие графики, наложены дополнительные ограничения на область определения.

Ключевые слова: теория Эмоциональных роботов, робот, воспитание, кратковременная память робота, долговременная память робота

MATHEMATICAL MODELS OF ROBOT'S SHORT-TERM AND LONG-TERM MEMORIES

Sharapov Y.A., Pensky O.G.

Perm State University, Perm, e-mail: j.a.sharapov@gmail.com

The paper defines mathematical concepts such as «reference emotion», «final emotion», «final robot's education» and describes the problem of limitation of function of robot's education. There is a solution of the problem based on a hypothesis of academician Uznadze. Also the paper contains concepts of «deviation from limit of robot's education», «robot's relative insensitivity to education» and «level of robot's education». A model of robot's long-term memory is based on Uznadze's hypothesis. It is a relative and dimensionless quantity like a robot's short-term memory. The model sets an analytical relationship between robot's long-term memory and robot's short-term memory, robot's relative insensitivity to education, level of robot's education. The paper describes some properties of function of robot's long-term memory, its corresponding function graphs. Additional restrictions to range of definition of the function of robot's long-term memory are imposed.

Keywords: the theory of emotional robots, robot, robot's education, robot's short-term memory, robot's long-term memory

В работе [4] доказана теорема, определяющая один из путей приближенного компьютерного моделирования эмоций человека и животных. Тем не менее психологические свойства высших живых существ настолько запутаны и неоднозначны, что мы математически опишем эмоциональное поведение роботов, отвлекаясь от реальных эмоций человека и, в то же время, аккумулируя при этом основные психологические законы его деятельности.

Модели уровней воспитательного процесса

В работах [5, 6] предложены математические определения эмоции робота, воспитания и уровня воспитания, относительной невосприимчивости робота к воспитанию, основанные на гипотезе грузинского психолога Д.Н. Узнадзе [1, 2, 7].

Определение 1. Эмоции, влекущие равные элементарные воспитания, назовем равноценными.

Определение 2. Забывчивого робота, у которого все коэффициенты памяти, соответствующие конечному моменту времени

каждой эмоции, равны и постоянны, назовем равномерно забывчивым.

В работе [5] доказано, что для функции воспитания равномерно забывчивого робота R на положительных равноценных эмоциях с течением времени t наступает пресыщение¹ (рис. 1).

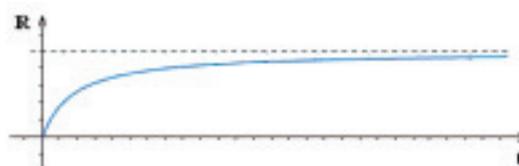


Рис. 1. Пресыщение функции воспитания робота

Применение гипотезы академика Узнадзе в теории Эмоциональных роботов помогло решить проблему пресыщения воспитания робота [5]. Решение проиллюстрировано на рис. 2.

¹ Выражение «функция имеет пресыщение» вводится в теории Эмоциональных роботов и эквивалентно выражению «функция монотонна и ограничена» в классической математике.

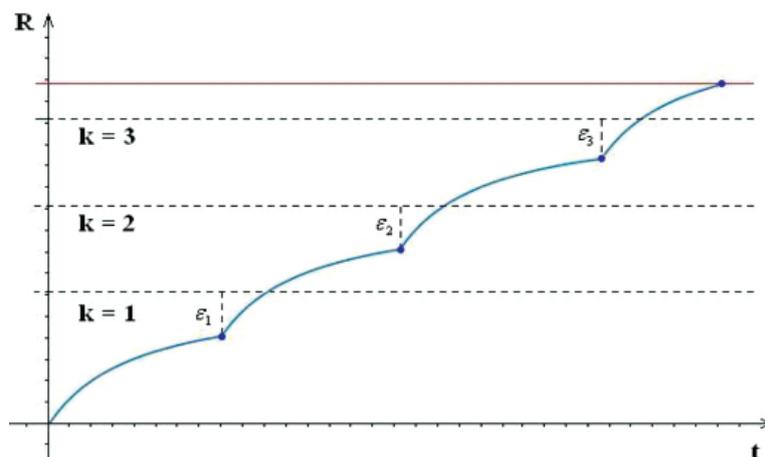


Рис. 2. Решение проблемы пресыщения воспитания робота

Определение 3. Уровнем воспитания робота k назовем количество смен эталонных эмоций (установок) робота к текущему моменту времени воспитательного процесса.

Величины ε_k , где $k = \overline{1, n}$, назовем отклонениями значения воспитания робота на уровне k от предела воспитания робота на этом уровне. Будем рассматривать случай, когда $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \dots = \varepsilon_n = \varepsilon$.

Отметим, что при компьютерной реализации алгоритма Д.Н. Узнадзе в качестве одного из входных параметров целесообразнее использовать относительную невосприимчивость к воспитанию α , смысл которой определяется формулой

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{q} = \frac{\varepsilon(1-\theta)}{1-\theta},$$

т.е. величина α показывает часть предельного воспитания [6], при достижении которой происходит переход от первого уровня итогового воспитания ко второму уровню. Очевидна справедливость двойного неравенства $0 < \alpha < 1$.

В работе [5] показано, что при выполнении условия $\alpha = \theta$ справедлива формула

$$\lim_{k \rightarrow \infty} R^{[k]} = q,$$

при $\alpha < \theta$ верно соотношение

$$\lim_{k \rightarrow \infty} R^{[k]} = \infty,$$

при $\alpha > \theta$ справедливо равенство

$$\lim_{k \rightarrow \infty} R^{[k]} = -\infty.$$

Модели долговременной памяти робота

В зависимости от длительности хранения информации можно выделить кратковременную и долговременную память.

«Кратковременная память представляет собой способ хранения информации в течение короткого промежутка времени. Длительность удержания мнемических следов здесь не превышает нескольких десятков секунд, в среднем около 20 (без повторения). В кратковременной памяти сохраняется не полный, а лишь обобщенный образ воспринятого, его наиболее существенные элементы. Эта память работает без предварительной сознательной установки на запоминание, но зато с установкой на последующее воспроизведение материала... Долговременная – это память, способная хранить информацию в течение практически неограниченного срока. Информация, попавшая в хранилища долговременной памяти, может воспроизводиться человеком сколько угодно раз без утраты. Более того, многократное и систематическое воспроизведение данной информации только упрочивает ее следы в долговременной памяти» [3].

Проецируя психологические свойства человека на роботов, будем говорить, что коэффициенты памяти θ_i , описанные в работах [4–6], характеризуют кратковременную память робота.

Определение 4. Коэффициентом долговременной памяти робота $\bar{\theta}_k$, присущей воспитательному уровню с порядковым номером k , назовем величину, удовлетворяющую соотношению

$$\bar{\theta}_k = \frac{R^{[k-1]}}{R^{[k]}}, \quad (1)$$

где $R^{[k]}$, $R^{[k-1]}$ являются воспитаниями робота на уровнях k и $k-1$ соответственно.

Легко показать, что для равномерно забывчивого робота с равноценными эмоция-

ми (в терминах относительной невосприимчивости робота к воспитанию α) величина описывается формулой

$$\bar{\theta}_k = \frac{\theta(1-\theta)^2 + \alpha \left[(1-\theta)^{k+1} - (1-\theta)^2 \right]}{\theta(1-\theta) + \alpha \left[(1-\theta)^{k+1} - 1 + \theta \right]}. \quad (2)$$

Таким образом, соотношение (2) определяет связь между долговременной памятью, описываемой коэффициентом $\bar{\theta}_k$, и кратковременной памятью, описываемой коэффициентом θ , равномерно забывчивого робота с равноценными эмоциями.

Опишем некоторые свойства этой связи.

Свойство 1. $\lim_{k \rightarrow \infty} \bar{\theta}_k = 1 - \theta$.

Свойство 2. При невосприимчивости робота к воспитанию α , равной нулю, справедливо соотношение $\bar{\theta}_k = \text{const} = \bar{\theta} = 1 - \theta$.

Доказательства обоих свойств с очевидностью следуют из формулы (2).

После небольших преобразований получаем:

$$\bar{\theta}_k = \frac{(1-\theta) \left(\theta + \alpha \left((1-\theta)^{k-1} - 1 \right) \right)}{\theta + \alpha \left((1-\theta)^k - 1 \right)}. \quad (3)$$

Отметим, что исходя из здравого смысла, коэффициент долговременной памяти робота $0 \leq \bar{\theta}_k < 1$. Напомним, что для формулы (3) должны выполняться условия:

$$0 < \theta < 1, 0 < \alpha < 1, k \in \mathbb{N}. \quad (4)$$

Рассмотрим несколько графических изображений функции $\bar{\theta}_k$, построенные в пакете Mathematica 7.01, варьируя k (рис. 3, 4, 5).

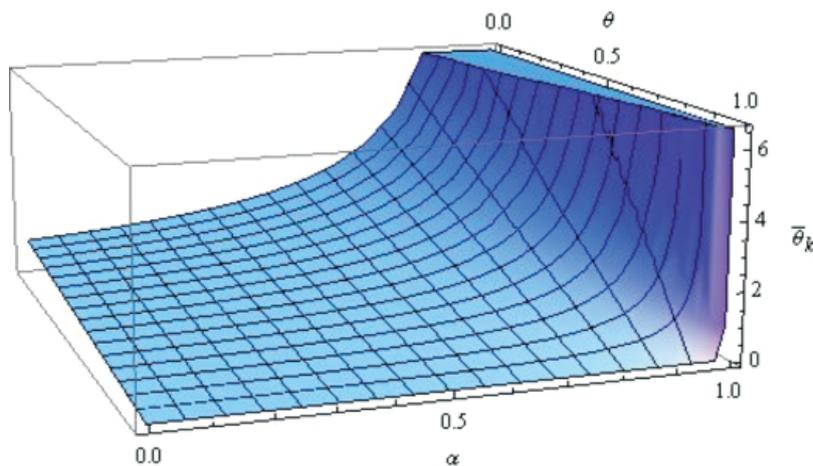


Рис. 3. Функция долговременной памяти при $k = 1$

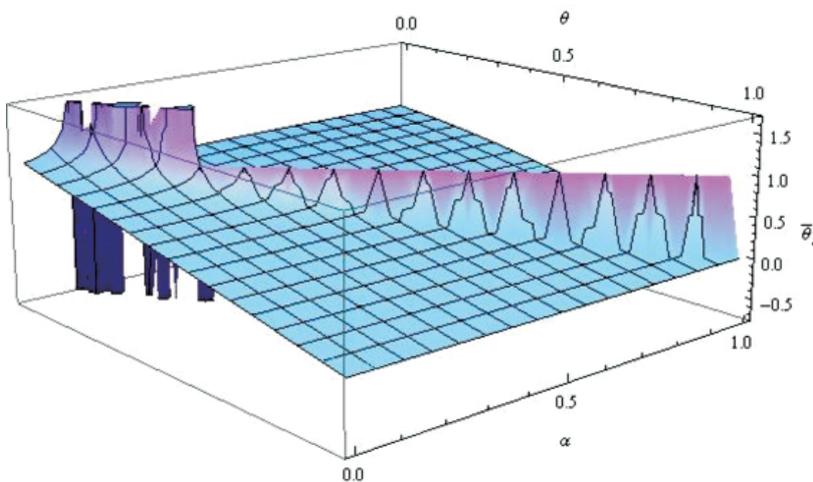


Рис. 4. Функция долговременной памяти при $k = 8$

Свойство 1 функции $\bar{\theta}_k$ демонстрирует (рис. 5).

Исследуем, при каких величинах θ , α , k из области допустимых значений (4), коэффициент долговременной памяти θ_k принадлежит полуинтервалу $[0,1)$:

$$0 \leq \frac{(1-\theta)(\theta + \alpha((1-\theta)^{k-1} - 1))}{\theta + \alpha((1-\theta)^k - 1)} < 1. \quad (5)$$

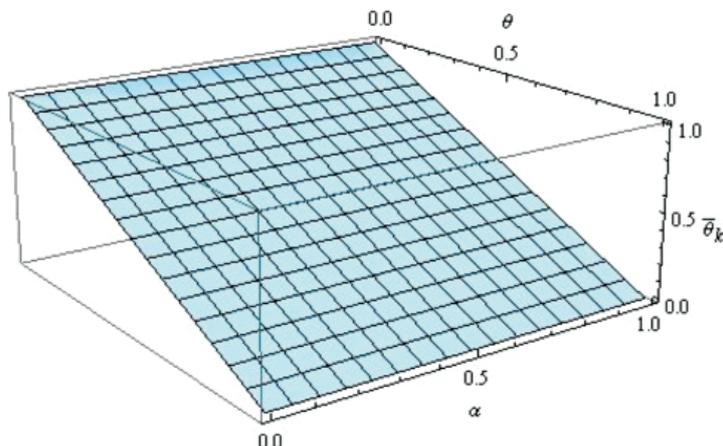


Рис. 5. Функция долговременной памяти при $k = 2000$

Рассмотрим 3 случая.

1 случай.

$$\frac{(1-\theta)(\theta + \alpha((1-\theta)^{k-1} - 1))}{\theta + \alpha((1-\theta)^k - 1)} = 0. \quad (6)$$

После несложных преобразований получаем, что $\bar{\theta}_k = 0$, при $\forall \theta \in (0,1)$, $\forall k \in N$, $\alpha = \frac{\theta}{1-(1-\theta)^{k-1}}$. Обратим внимание на то,

что в предложенной модели $\alpha = \text{const}$ не зависит от θ и k . Поэтому в рамках этой модели случай 1 учитываться не будет.

2 случай.

$$\frac{(1-\theta)(\theta + \alpha((1-\theta)^{k-1} - 1))}{\theta + \alpha((1-\theta)^k - 1)} > 0. \quad (7)$$

После решения неравенства (7) получаем следующую совокупность решений:

$$\begin{cases} 0 < \alpha < \frac{\theta}{1-(1-\theta)^k}; \\ \frac{\theta}{1-(1-\theta)^{k-1}} < \alpha < 1. \end{cases} \quad (8)$$

3 случай.

$$\frac{(1-\theta)(\theta + \alpha((1-\theta)^{k-1} - 1))}{\theta + \alpha((1-\theta)^k - 1)} < 1. \quad (9)$$

В результате решения неравенства (9) получаем совокупность решений:

$$\begin{cases} \alpha > \frac{\theta}{1-(1-\theta)^k}; \\ \alpha < \theta. \end{cases} \quad (10)$$

Таким образом, двойное неравенство $0 \leq \bar{\theta}_k < 1$ справедливо при выполнении условий

$$\begin{aligned} &\forall \theta \in (0,1), \quad \forall k \in N, \\ &\forall \alpha \in (0,\theta) \cup \left(\frac{\theta}{1-(1-\theta)^{k-1}}, 1 \right). \end{aligned} \quad (11)$$

Заключение

Таким образом, в настоящей статье на основе гипотезы грузинского психолога Д.Н. Узнадзе об установках вводится математически формализованное понятие долговременной памяти робота, что позволяет проводить качественный и численный анализ взаимосвязи коэффициентов долговременной и кратковременной памяти робота и его неспособности к воспитанию.

Список литературы

1. Григорова В.В. Контрастная иллюзия, установка и бессознательное: монография. – Тбилиси, 1987. – 450 с.

2. Надирашвили Ш.А. Дмитрий Николаевич Узнадзе (к 100-летию со дня рождения). – <http://www.voppsy.ru/issues/1986/866/866087.htm> (дата обращения: 24.03.2011).

3. Немов Р.С. Виды памяти и их особенности. – URL: <http://psixologiya.org/obshhaya/pamyat/1605-vidy-pamyati-i-ix-osobennosti-nemov-r-s.html> (дата обращения: 02.09.2012).

4. Пенский О.Г., Зонова П.О., Муравьев А.Н. и др.; под общ. ред. О.Г. Пенского Гипотезы и алгоритмы математической теории исчисления эмоций: монография. – Пермь: Перм.гос.ун-т, 2009. – 152 с.

5. Пенский О.Г., Черников К.В. Гипотеза о психологических установках в аспекте математического моделирования процесса воспитания эмоциональных роботов // Фундаментальные исследования. – 2012. – №3. – С. 129–132.

6. Пенский О.Г., Черников К.В. Основы математической теории эмоциональных роботов: монография. – Пермь: Перм.гос.ун-т. – 2010. – 256 с.

7. Узнадзе Д.Н. Общая психология: учеб. для вузов. – СПб.: Питер, 2004. – 413 с.

References

1. Grigolova V.V. Kontrastnaya illyuziya, ustanovka i bessoznatelnoe: monographiya. Tbilisi. 1987. 450 p.

2. Nadirashvili Sh.A. Dmitriy Nikolaevich Uznadze (k 100-letiyu so dniya rozhdeniya) <http://www.voppsy.ru/issues/1986/866/866087.htm> (data obrashcheniya: 24.03.2011).

3. Nemov R.S. Vidi pamiati i ih osobennosti URL: <http://psixologiya.org/obshhaya/pamyat/1605-vidy-pamyati-i-ix-osobennosti-nemov-r-s.html> (data obrashcheniya: 02.09.2012).

4. Penskiy O.G., Zonova P.O., Muravyev A.N. i dr.; pod obshch. red. O.G. Penskogo Gipotezi i algoritmi matematicheskoy teorii ischisleniya emotsiy: monografiya. Perm: Perm.gos.un-t. 2009. 152 p.

5. Penskiy O.G., Chernikov K.V. Gipoteza o psicheskikh ustanovkah v aspekte matematicheskogo modelirovaniya protsessa vospitaniya emotsionalnih robotov // Fundamentalnie issledovaniya. 2012. no. 3. pp. 129–132.

6. Penskiy O.G., Chernikov K.V. Osnovi matematicheskoy teorii emotsionalnih robotov: monografiya. Perm: Perm.gos.un-t. 2010. 256 p.

7. Uznadze D.N. Obshchaya psihologiya: ucheb.dlia vuzov. SPb: Piter. 2004. 413 p.

Рецензенты:

Тарунин Е.Л., д.ф.-м.н., профессор кафедры прикладной математики и информатики Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Ясницкий Л.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной информатики и искусственного интеллекта Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета, г. Пермь.

Криштоп В.В., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Физика», Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск, профессор Kwangwoon University, Seoul, Korea.

Работа поступила в редакцию 12.12.2012.