

УДК 519.86; 519.87

ГИПОТЕЗА О ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ В АСПЕКТЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВОСПИТАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ РОБОТОВ

Пенский О.Г., Черников К.В.

*ГОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,
Пермь, e-mail: ogpensky@mail.ru*

В статье рассмотрены математические модели эмоций роботов и введена формула эмоционального воспитания роботов. Особенностью рассматриваемых моделей является то, что модели описывают роботов, не обладающих абсолютной памятью. В статье введена математическая характеристика памяти роботов, названная коэффициентом памяти робота. На основе этой характеристики даны определения итоговой эмоции робота, зависящей от действующего стимула для проявляемой эмоции, прошлого воспитания робота и его памяти. На основе теории эмоциональных установок психолога Д.Н. Узнадзе предложен алгоритм, описывающий воспитательный процесс для роботов, введены математические определения уровня воспитания и восприимчивости робота к воспитанию. Показано, что при плохой восприимчивости робота к воспитанию цели воспитания робота могут оказаться недостижимы.

Ключевые слова: робот, эмоции, воспитание

HYPOTHESIS OF PSYCHOLOGICAL FACILITIES IN THE ASPECT OF MATHEMATICAL MODELING OF THE EDUCATION OF EMOTIONAL ROBOTS

Pensky O.G., Chernikov K.V.

Perm State University, National Research, Perm, e-mail: ogpensky@mail.ru

In article mathematical models of emotions of robots are considered and the formula of emotional education of robots is entered. Feature of considered models is that models describe the robots which are not possessing absolute memory. In article the mathematical characteristic of memory of the robots, named the coefficient of memory of the robot is entered. On the basis of this characteristic, definitions of total emotion of the robot depending on operating stimulus for shown emotion, last education of the robot and its memory are given. On the basis of the theory of emotional installations of psychologist D.N.Uznadze the algorithm describing educational process for robots is offered, mathematical definitions of level of education and a robot susceptibility to education are entered. It is shown that at a bad susceptibility of the robot to education the purpose of education of the robot can appear are unattainable.

Keywords: robot, emotions, education

В работе [1] доказана теорема, говорящая о том, что для компьютера можно моделировать эмоции человека и животных. Но психологические свойства высших живых существ настолько запутаны и неоднозначны, что мы решили математически описать эмоциональное поведение роботов, отвлекаясь от реальных эмоций человека и в то же время аккумулируя при этом основные психологические законы его деятельности.

В работе [2] приведено математическое определение эмоции робота. Введем определение эмоционального воспитания робота, отвлекаясь от содержательной части понятия «воспитание», рассматриваемого в психологии.

Определение 1. Воспитание (воспитание робота) – это относительно устойчивое отношение робота к данному типу эмоций.

Исходя из работы [2] следует, что эмоция робота $M(t)$ является непрерывной функцией на отрезке $[0, t]$, а следовательно, интегрируемой на этом отрезке. С учетом этого можем дать следующее определение.

Определение 2. Элементарным воспитанием робота $r(t)$ назовем функцию вида

$$r(t) = \int_0^t M(\tau) d\tau. \quad (1)$$

Отметим очевидное математическое свойство элементарного воспитания: его знак совпадает со знаком эмоции.

Согласно работе [2] функция $r(t)$ является дифференцируемой по параметру t , поэтому согласно формуле (1) справедливо соотношение

$$M(t) = \frac{dr(t)}{dt}. \quad (2)$$

Будем считать, что с течением времени робот хуже вспоминает эмоции, которые он когда-то испытывал. Прошлые эмоции все меньше и меньше сказываются на его текущем воспитании. А вместе с тем хуже вспоминаются и прошлые элементарные воспитания, порождаемые испытываемыми ранее эмоциями робота.

Исходя из этого, становится очевидным следующее определение.

Определение 3. Воспитанием робота $R(t)$ (воспитание робота во время действия эмоции) назовем функцию вида

$$R_i(t) = r_i(\tau) + \theta_i(t) R_{i-1}(t_i), \quad (3)$$

где t – текущее время, $t > t_i$, $0 \leq \theta_i(t) \leq 1$. Текущее время удовлетворяет соотношению $t = \tau + t_i$, где τ – текущее время действия настоящей эмоции от начала ее проявления, t_i – общее время действия всех предыдущих эмоций, $R_i(t_i)$ – воспитание, полученное роботом за время t_i .

Определение 4. Коэффициенты $\theta_i(t)$ назовем коэффициентами памяти прошлых событий или коэффициентами памяти робота.

Определение 5. Тактом назовем продолжительность во времени одной эмоции.

В дальнейшем психологические характеристики роботов, соответствующие текущему действию такта, будем обозначать со скобками после переменной, а значения психологических характеристик, соответствующие концам тактов, – без скобок. Например, $R_i(t)$ определяет функцию изменения воспитания для текущего времени t действующего такта i , а R_i – значение воспитания в конце такта i .

$$R_i = r_i + \theta_i r_{i-1} + \theta_i \theta_{i-1} r_{i-2} + \theta_i \theta_{i-1} \theta_{i-2} r_{i-3} + \dots + \theta_i \theta_{i-1} \theta_{i-2} \dots \theta_1 r_0. \quad (5)$$

Так как робот равномерно забывчив и обладает только равноценными положительными эмоциями, то, исходя из соотношения (5), можем записать формулу:

$$R_i = q \frac{1 - \theta^i}{1 - \theta}, \quad (6)$$

где $\theta_i = \theta$, $r_j = q$, $j = 0, i$.

Соотношение (6) влечет равенство

$$\lim_{i \rightarrow \infty} R_i = \frac{q}{1 - \theta},$$

правая часть которого определяет численное значение предельного воспитания робота.

Следовательно, воспитание имеет пресыщение.

Теорема доказана.

Предполагая, что коэффициенты памяти являются дифференцируемыми функциями, и учитывая результаты работы [2], получим формулу для итоговой эмоции $V_i(t)$:

$$V_i(t) = M_i(t) + R_{i-1} \frac{d\theta_i(t)}{dt} + \frac{dR_{i-1}(t)}{dt} \theta_i(t). \quad (7)$$

Соотношение (7) позволяет утверждать, что итоговые эмоции робота зависят от прошлого воспитания, коэффициентов памяти и скорости их изменения.

Будем предполагать, что эмоция $M_0(t)$, соответствующая нулевому такту, при ко-

тором она появилась у робота в результате первого воздействия на него стимулом, сохраняется в памяти робота постоянно, выступая своеобразным эталоном эмоции этого типа и являясь текущей эмоцией. Сказанное математически можно записать в виде следующих соотношений:

Определение 6. Эмоции, влекущие равные элементарные воспитания, назовем равноценными.

Определение 7. Забывчивого робота, у которого все коэффициенты памяти, соответствующие конечному моменту времени каждой эмоции, равны и постоянны, назовем равномерно забывчивым.

Теорема. Воспитание равномерно забывчивого робота на положительных равноценных эмоциях имеет пресыщение.

Доказательство. Легко видеть, что соотношение (3) эквивалентно равенству

$$R_i = r_i + \theta_i(t) [r_{i-1} + \theta_{i-1} R_{i-2}]. \quad (4)$$

Соотношение (4) можно записать в следующем виде:

$$M_i(t) = M_0(t) = M(t). \quad (8)$$

Так как формула (8) справедлива для любого такта i , то в этом случае можно заключить, что у отдельного робота эталонные эмоции одного типа, вызванные одним и тем же стимулом, равноценны, т.е., справедливо равенство

$$q = \int_{t_{i-1}}^{t_i} M(\tau) d\tau = \text{const}, \quad i \geq 1.$$

Прежде чем перейти к дальнейшему изложению, отметим, что теорема полностью подтверждается психологическими исследованиями. Результаты этих исследований говорят о том, что невозможно воспитывать человека до бесконечности: у воспитуемого, начиная с какого-то времени, наступает пресыщение [3], и он поднимается на новую ступень эмоциональной деятельности. Опишем переход на эту новую ступень.

Советский психолог Д.Н. Узнадзе [4], бывший директор Института психологии

АН Грузии, носящего в настоящее время его имя, выдвинул гипотезу о существовании у человека установок, которые мы применительно к роботам назвали эталонными эмоциями. Узнадзе писал, что с течением жизни человека установки (эталонные эмоции) меняются.

Опишем гипотезу советского психолога языком математики и перенесем ее на математическое описание психологии эмоционального робота.

Согласно работам Д.Н. Узнадзе и его учеников [3, 5] существуют периоды жизни человека, при котором установки не меня-

$$V_i^{[k]}(t) = M_i^{[k]}(t) + R_{i-1}^{[k]} \frac{d\theta_i^{[k]}(t)}{dt} + \frac{dR_{i-1}^{[k]}(t)}{dt} \theta_i^{[k]}(t).$$

Пусть робот является равномерно забывчивым с равными коэффициентами памяти для всех уровней, т.е. $\theta_i^{[k]} = \theta$. Предположим также, что для всех уровней непрерывного воспитания робота его эмоции положительны, что влечет справедливость неравенства $q > 0$.

$$V_i^{[k]}(t) = M_i^{[k]}(t) + R_{i-1}^{[k]} \frac{d\theta_i^{[k]}(t)}{dt} + \frac{dR_{i-1}^{[k]}(t)}{dt} \theta_i^{[k]}(t);$$

$$R_i^k = \int_{t_{i-1}^{[k]}}^{t_i^{[k]}} M^{[k]}(\tau) d\tau + \theta R_{i-1}^{[k]} = q^{[k]} + \theta R_{i-1}^{[k]}.$$

4. Вычисляется предельное воспитание $U^{[k]}$ для уровня k по формуле

$$U^{[k]} = \frac{q^{[k]}}{1 - \theta}.$$

5. Если $|R_i^{[k]} - U^{[k]}| > \varepsilon$, то номер такта i увеличивается на 1 и осуществляется переход к пункту 3.

6. Увеличиваем порядковый номер уровня k на единицу и осуществляем присваивание

$$M^{[k]}(t) = V_i^{[k-1]}(t).$$

7. Если суммарное время воспитательного процесса робота меньше допустимого, то идем к 2.

8. Конец.

Предложенный алгоритм изменения установок и перехода воспитания робота на более высокий уровень назовем алгоритмом Д.Н. Узнадзе.

Пусть переход с уровня k воспитательного процесса на уровень $k + 1$ осуществляется при выполнении условия

$$R^{[k]} = \frac{q^{[k]}}{1 - \theta} - \varepsilon^{[k]}, \quad (9)$$

ются. Поэтому можно сказать, что для этих периодов эмоции человека (робота) являются равноценными.

Введем следующее определение.

Определение 8. Уровнем воспитания робота назовем количество смен эталонных эмоций (установок) робота к текущему моменту времени воспитательного процесса.

Воспитание, эталонную эмоцию и коэффициенты памяти, соответствующие уровню k , обозначим $R_i^{[k]}$, $M^{[k]}(t)$ и $\theta_i^{[k]}$.

Таким образом, аналогично соотношению (7) воспитательный процесс робота для уровня можно описать формулой

Исходя из вышеизложенного, можно предложить следующий алгоритм смены эталонных эмоций (установок) робота.

1. Задается эталонная эмоция первого уровня ($k = 1$).

2. Значению такта присваивается номер i : $i = 1$.

3. Воспитательный процесс определяет согласно формулам

$$\text{где } 0 < \varepsilon^{[k]} < \frac{q^{[k]}}{1 - \theta}.$$

Введем следующее определение.

Определение 9. Обратную величину к величине отклонения предельного воспитания от воспитания, при котором осуществляется переход на новый уровень воспитания, назовем восприимчивостью робота к воспитанию.

Очевидно, что в формуле (9) для уровня k восприимчивость робота к воспитанию $w^{[k]}$ определяется величиной

$$w^{[k]} = \frac{1}{\varepsilon^{[k]}}.$$

Предположим справедливость равенства $\varepsilon^{[k]} = \varepsilon$ для любого уровня.

Легко показать, что, исходя из алгоритма Д.Н. Узнадзе, в этом случае численное значение итогового воспитания, при котором осуществляется переход с уровня k на уровень $k + 1$, удовлетворяет соотношению

$$R^{[k]} = \frac{q^{[1]}}{(1 - \theta)^k} + \varepsilon \frac{(1 - \theta)^k - 1}{\theta(1 - \theta)^{k-1}}. \quad (10)$$

Формула (10) влечет цепочку следующих равенств:

$$R^{[k]} = \frac{q^{[1]}\theta + \varepsilon \left[(1-\theta)^{k+1} - 1 + \theta \right]}{\theta(1-\theta)^k} = \varepsilon \left[\frac{\theta \left(\frac{q^{[1]}}{\varepsilon} + 1 \right) - 1}{\theta(1-\theta)^k} + \frac{1-\theta}{\theta} \right]. \quad (11)$$

Нетрудно заметить, что при удовлетворении условия $q = \left(\frac{1}{\theta} - 1 \right) \varepsilon$ справедливо равенство $\lim_{k \rightarrow \infty} R^{[k]} = q$. Анализируя соотношение (11), можно сделать вывод о том, что при выполнении неравенства $q > \left(\frac{1}{\theta} - 1 \right) \varepsilon$ итоговое воспитание стремится к положительной бесконечности при бесконечном увеличении количества уровней; при выполнении неравенства $q < \left(\frac{1}{\theta} - 1 \right) \varepsilon$ даже при воздействии на робота только положительными эмоциями $\lim_{k \rightarrow \infty} R^{[k]} = -\infty$. Таким образом, восприимчивость робота к воспитанию и память робота серьезно влияют на результаты его длительного эмоционального воспитания.

При компьютерном моделировании непрерывного воспитательного процесса эмоциональных роботов с учетом эталонных эмоций (установок) Д.Н. Узнадзе и предлагаемого нами определения момента времени для изменения этих установок разработчик-программист может самостоятельно задавать значения коэффициентов памяти и восприимчивости роботов к воспитанию.

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

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

т.е. величина α показывает часть предельного воспитания, при достижении которой происходит переход от предыдущего уровня итогового воспитания к последующему

уровню. Очевидна справедливость двойного неравенства $0 < \alpha < 1$.

Легко показать, 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

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

Настоящая статья позволяет предсказывать качественное поведение итогового непрерывного воспитания роботов с учетом численных значений элементарного воспитания, коэффициента памяти робота и восприимчивости воспитания (абсолютной или относительной) и дает возможность проводить аналогию между внутренними механизмами психологического поведения эмоционального робота и человека.

Список литературы

1. Гипотезы и алгоритмы математической теории исчисления эмоций: монография / О.Г. Пенский, П.О. Зонova, А.Н. Муравьев и др.; под общ. ред. О.Г. Пенского. – Пермь: Перм. гос.ун-т. – 2009. – 152 с.
2. Пенский О.Г., Черников К.В. Основы математической теории эмоциональных роботов: монография. – Пермь: Перм.гос.ун-т. – 2010. – 256 с.
3. Узнадзе Д.Н. Общая психология: учеб. для вузов. – СПб.: Питер. – 2004. – 413с.
4. <http://www.voppsy.ru/issues/1986/866/866087.htm> (дата обращения: 24.03.2011).
5. Григолова В.В. Контрастная иллюзия, установка и бессознательное: монография. – Тбилиси, 1987. – 450 с.

Рецензенты:

Тарунин Е.Л., д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры прикладной математики и информатики ГОУ ВПО «Пермский государственный университет», г. Пермь;

Ясницкий Л.Н., д.т.н., профессор ГОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 28.06.2011.