

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ НАКОПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ РОБОТОМ С НЕАБСОЛЮТНОЙ ПАМЯТЬЮ

О.Г. Пенский, А.Г. Кузнецов, Н.В. Ощепкова

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Россия

Приводятся формулы, определяющие накопление информации роботами, обладающими неабсолютной памятью и являющимися психологическими аналогами человека. Показано, что при постоянных коэффициентах информационной памяти таких роботов накопленная информация ограничена. Приведены формулы, позволяющие при этих условиях определять величины накопленной информации роботом к заданному моменту времени, названного информационным тактом, и предельную величину накапливаемой информации. Введено определение аномальной накопленной информации, соответствующей бесконечному накоплению информации роботом. Доказаны теоремы, описывающие свойства накопленной информации и позволяющие для некоторых видов переменных коэффициентов информационной памяти устранять ограничение на объем накапливаемой информации при одновременном ее частичном забывании. Приводится пример функции, описывающей изменение коэффициентов информационной памяти при одновременном бесконечном росте накапливаемой информации. Введена безразмерная характеристика накапливаемой информации, позволяющая определять скорость накапливаемой роботом аномальной информации к конкретному моменту времени. Для иллюстрации поведения функции информационных коэффициентов памяти и накапливания информации приведены соответствующие графические зависимости. Предложены пути использования теории роботов с неабсолютной памятью в функционировании роботов-операторов call-центров. Предложены алгоритм накапливания информации о клиентах роботом-оператором call-центра, обеспечивающий индивидуальный подход к каждому клиенту, и способ, позволяющий регулировать поведение безразмерной характеристики накапливаемой информации о клиенте.

Ключевые слова: математическая модель, робот, забывание информации, память робота, call-центр, накапливание информации, электронный психологический аналог человека.

Введение

Одной из общих задач искусственного интеллекта является построение электронной психологической копии человека. Еще в восьмидесятых годах XX века профессор Городского университета Нью-Йорка (США) А. Болонкин ввел, на наш взгляд, удачный термин «Е-существо» [1, 2], определяющий эту копию. Одной из особенностей Е-существа является способность частично забывать ранее полученную информацию. Результаты исследований, посвященных памяти Е-существа, а по сути робота – психологического аналога человека, опубликованы, например, в работах [3–5].

Одним из результатов этих исследований является тот факт, что роботы с неабсолютной памятью не могут накапливать информацию, большую определенного численного значения.

Пусть s_i – порция информации, которую не забывает робот во время непрерывного информационного потока, направленного на робота, i – порядковый номер этой порции, названной номером информационного такта [6].

В работах [7, 8] приведено соотношение, позволяющее вычислять накопленную таким роботом информацию,

$$S_i = s_i + \lambda_i S_{i-1}, \quad (1)$$

где S_i – накопленная информация роботом в течение i непрерывных тактов, $S_0 = 0$; λ_i – коэф-

коэффициент кратковременной информационной памяти [8], характеризующий долю предыдущей информации, которую помнит робот к моменту начала такта i , $\lambda_i \in (0, 1 - \delta]$, $0 < \delta < 1$, $\delta = \text{const}$.

Предположим, что $s_i = s = \text{const}$, $s > 0$, $\lambda_i = \lambda = \text{const}$. Легко видеть, что в рамках этих допущений соотношение (1) представляет собой сумму членов геометрической прогрессии, которая описывается известной формулой [7]: $S_i = s \frac{1 - \lambda^i}{1 - \lambda}$.

Очевидно, что согласно законам геометрической прогрессии накопленная роботом информация имеет предел S , который удовлетворяет соотношению $S = \lim_{i \rightarrow \infty} S_i = \frac{s}{1 - \lambda}$.

Рассмотрим вопрос, касающийся изучения неограниченного накопления информации роботом при условии сохранения основного психологического свойства человека, связанного с забыванием информации и задаваемого неравенством: $\lambda_i < 1$, $i = \overline{1, \infty}$.

1. Математическая модель неограниченного накопления информации

Введем следующие определения.

Определение. Аномальным накоплением информации S_i роботом назовем последовательность вида (1), для которой справедливо равенство $\lim_{i \rightarrow \infty} S_i = \infty$, где i – порядковый номер информационного такта; S_i – накопленная информация, полученная роботом в конце информационного такта i ; s_i – порция информации в конце такта i , причем справедливы соотношения $0 < \lambda_i < 1$.

Сформулируем и докажем следующие теоремы.

Теорема 1.

Если $\lim_{i \rightarrow \infty} S_i = A = \text{const} < \infty$, $\lim_{i \rightarrow \infty} \lambda_i = 1$, то $\lim_{i \rightarrow \infty} s_i = 0$.

Доказательство.

Согласно равенству (1) справедлива формула

$$s_i = S_i - \lambda_i S_{i-1}. \quad (2)$$

Переходя в соотношении (2) к пределу и учитывая условия теоремы 1, получим последовательность формул

$$\lim_{i \rightarrow \infty} s_i = \lim_{i \rightarrow \infty} S_i - \lim_{i \rightarrow \infty} \lambda_i \lim_{i \rightarrow \infty} S_{i-1} = A - 1A = 0.$$

Что требовалось доказать.

Теорема 2.

Для робота при выполнении условий $\lim_{i \rightarrow \infty} \lambda_i = 1$, $\lambda_{i+1} > \lambda_i$, $s_i = s = \text{const}$ накопленная информация аномальная.

Доказательство.

Сформулируем теорему несколько иначе: если $s_i = s > 0$, $i = \overline{1, \infty}$ и $\lim_{i \rightarrow \infty} \lambda_i = 1$, то $\lim_{i \rightarrow \infty} S_i = \infty$.

Пусть $\lim_{i \rightarrow \infty} S_i = A = \text{const}$. Согласно теореме 1 справедливо равенство $\lim_{i \rightarrow \infty} s_i = 0$, но $\lim_{i \rightarrow \infty} s_i = s$.

Поэтому $s = 0$, что противоречит условию теоремы 2: $s > 0$. Поэтому последовательность S_i расходится.

Нетрудно заметить, что при выполнении условия $s_i = s > 0$, $i = \overline{1, \infty}$ соотношение (1) принимает вид

$$S_i = s(1 + \lambda_i + \lambda_i \lambda_{i-1} + \lambda_i \lambda_{i-1} \lambda_{i-2} + \dots + \lambda_i \lambda_{i-1} \lambda_{i-2} \dots \lambda_2 \lambda_1) = s D_i. \quad (3)$$

Так как последовательность S_i расходится, то в силу соотношения (3) расходится последовательность

$$D_i = 1 + \lambda_i + \lambda_i \lambda_{i-1} + \lambda_i \lambda_{i-1} \lambda_{i-2} + \dots + \lambda_i \lambda_{i-1} \lambda_{i-2} \dots \lambda_2 \lambda_1.$$

Отметим справедливость неравенства $D_i > 0$.

Докажем, что последовательность D_i монотонно возрастающая.

Справедливо равенство

$$D_i - D_{i-1} = (\lambda_i - \lambda_{i-1}) + \lambda_{i-1}(\lambda_i - \lambda_{i-2}) + \lambda_{i-1}\lambda_{i-2}(\lambda_i - \lambda_{i-3}) + \dots + \lambda_{i-1}\lambda_{i-2}\dots\lambda_2(\lambda_i - \lambda_1). \quad (4)$$

В силу условия теоремы 2 справедливы неравенства $\lambda_{i+1} > \lambda_i$, $i = \overline{1, \infty}$, а поэтому, согласно соотношению (4), $D_i - D_{i-1} > 0$ или $D_i > D_{i-1}$. А значит, согласно свойству расходящейся монотонно возрастающей последовательности $\lim_{i \rightarrow \infty} D_i = \infty$.

С учетом последнего равенства и соотношения (3) справедлива цепочка формул:
 $\lim_{i \rightarrow \infty} S_i = s \lim_{i \rightarrow \infty} D_i = \infty$.

Таким образом, робот обладает накопленной аномальной информацией.

Теорема 3.

Если $s_i \geq s > 0$ и $\lim_{i \rightarrow \infty} \lambda_i = 1$, $\lambda_{i+1} > \lambda_i$ то накопленная роботом информация аномальна.

Доказательство.

Записав равенство (1) в развернутой форме и учитывая условие $s_i > s > 0$, получим следующую цепочку соотношений:

$$\begin{aligned} \lim_{i \rightarrow \infty} S_i &= \lim_{i \rightarrow \infty} (s_i + \lambda_i S_{i-1}) = \lim_{i \rightarrow \infty} (s_i + \lambda_i s_{i-1} + \lambda_i \lambda_{i-1} s_{i-2} + \lambda_i \lambda_{i-1} \lambda_{i-2} s_{i-3} + \lambda_i \lambda_{i-1} \lambda_{i-2} \dots \lambda_2 \lambda_1 s_0) \geq \\ &\geq \lim_{i \rightarrow \infty} [s(1 + \lambda_i + \lambda_i \lambda_{i-1} + \lambda_i \lambda_{i-1} \lambda_{i-2} + \dots + \lambda_i \lambda_{i-1} \lambda_{i-2} \dots \lambda_2 \lambda_1)] = \infty. \end{aligned}$$

Что требовалось доказать.

2. Описание применения модели роботом-оператором call-центра

В настоящее время в телекоммуникационных компаниях всего мира происходит замена операторов на роботов [9]. Для комфортного восприятия роботов клиентами call-центров необходимо, чтобы клиенты компаний не ощущали того, что они общаются с неживой электронно-вычислительной машиной. Для этого требуется запрограммировать роботов-операторов таким образом, чтобы передать им психологические черты человека. Одной из таких черт является неабсолютная память, то есть, способность робота и человека забывать ранее полученную информацию.

Сформулированные и доказанные в настоящей статье теоремы позволяют наделять робота в call-центрах дополнительными качествами при сохранении неабсолютной памяти.

Теоремы 2 и 3 можно, например, использовать в том случае, когда клиент очень часто звонит в call-центр.

Алгоритм общения робота с этим клиентом может быть следующим: от каждого предыдущего общения клиента с роботом к последующему общению коэффициент информационной памяти робота, отвечающий за звонки клиента, автоматически увеличивается. Согласно приведенным выше теоремам при этом запоминается большая информация, связанная с запросами клиента. Это позволяет роботу с течением времени более адекватно общаться с клиентом, учитывая, например, психологические особенности клиента. Если клиент звонит не часто, то информация о его предыдущих звонках забывается.

Предлагаемый алгоритм позволяет экономно расходовать электронную память робота в зависимости от активности общения робота call-центра с клиентом.

В качестве примера изменения коэффициента информационной памяти λ_i можно использовать соотношение

$$\lambda_i = 1 - \frac{1}{i}, \quad (5)$$

где i – порядковый номер обращения клиента в call-центр. Так как справедливы равенства $\lim_{i \rightarrow \infty} \lambda_i = 1$ и $\lambda_{i+1} > \lambda_i$, то согласно теореме 3 при условии автоматического запоминания информации о клиенте хотя бы больше нескольких байт верно соотношение $\lim_{i \rightarrow \infty} S_i = \infty$, которое обеспечивает неограниченный рост запоминаемой накопленной информации о клиенте при увеличении количества его обращений в телекоммуникационную компанию.

Легко видеть, что при выполнении условия $s_i = s = \text{const}$, $i = \overline{1, \infty}$ безразмерной характеристикой накапливаемой информации является величина Z_i , удовлетворяющая соотношению

$$Z_i = \frac{S_i}{s}$$

$$Z_i = 1 + \lambda_i Z_{i-1}, \tag{6}$$

где $Z_0 = 0$.

На рис. 1 изображен график изменения коэффициентов памяти λ_i согласно соотношению (5), на рис. 2 приведен график изменения характеристики Z_i накапливаемой информации, удовлетворяющей равенству (6) в зависимости от величины порядкового номера i обращения клиента в call-центр.

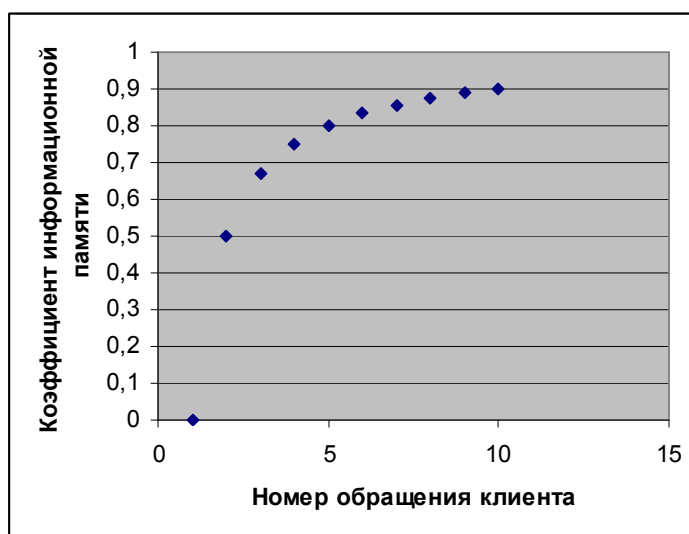


Рис. 1. Изменение коэффициентов памяти робота

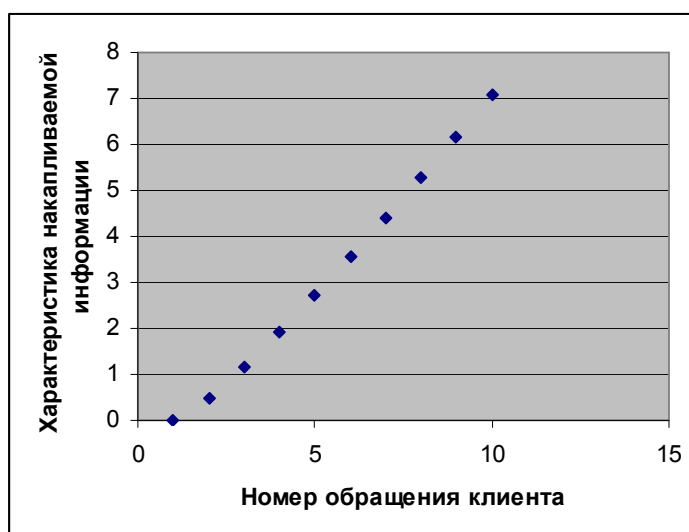


Рис. 2. Изменение характеристики накапливаемой информации

Отметим, что, меняя зависимость, описывающую величину λ_i при соблюдении условий теоремы 3, можно изменять характеристику накапливаемой информации Z_i , а значит, и всю накопленную информацию о клиенте call-центра.

Заключение

Таким образом, в статье приведена математически обоснованная модель неограниченного накопления информации роботом при одновременном сохранении роботом такой психологической черты, присущей человеку, как частичное забывание полученной информации и поэтому позволяющей создавать робота – психологического аналога человека. Модель можно использовать при программировании роботов, заменяющих операторов call-центров телекоммуникационных компаний.

Литература

1. Bolonkin A.A., *The twenty-first century: the advent of the non-biological civilization and the future of the human race* / A.A. Bolonkin // *Journal Kybernetes*. – 1999. – Vol. 28, no. 3 – P. 325–334. DOI: 10.1108/k.1999.06728caf.002
2. Bolonkin A.A., *The twenty-first century – The beginning of human immortality* / A.A. Bolonkin // *Journal Kybernetes*. – 2004. – Vol. 33, no. 9/10. – P. 1535–1542. DOI: 10.1108/03684920410556115
3. Pensky O. *Mathematical Models of Emotional Robots with a Non-Absolute Memory* / O. Pensky, Y. Sharapov, K. Chernikov // *Intelligent Control and Automation*. – 2013. – Vol. 4, no. 2. – P. 115–121. DOI: 10.4236/ica.2013.42016
4. Шарапов, Ю.А. Модификация алгоритма Узнадзе в аспекте кратковременной и долговременной памяти робота / Ю.А. Шарапов // *Вестник Перм. ун-та. Математика. Механика. Информатика*. – 2013. – Вып. 1. – С. 50–53.
5. Шарапов, Ю.А. Общая математическая модель принятия решений роботом в зависимости от его эмоционального псевдовоспитания и логического опыта / Ю.А. Шарапов // *Современные наукоемкие технологии*. – 2016. – № 4-1. – С. 62–66.
6. Пенский О.Г., Черников К.В. *Математические модели психологических установок роботов* / О.Г. Пенский, К.В. Черников // *Искусственный интеллект и принятие решений*. – М.: Институт системного анализа РАН. – 2013. – № 2. – С. 63–67.
7. Pensky, O. *Mathematical Models of Receptivity and a Human to Education* / O. Pensky, V. Michailov, K. Chernikov // *Intelligent Control and Automation*. – 2014. – Vol. 5, no. 3. – P. 110–105. DOI: 10.4236/ica.2014.53011
8. *Основы математической теории эмоциональных роботов: моногр.* / О.Г. Пенский, К.В. Черников. – Пермь: Перм. гос. ун-т. – 2010. – 256 с.
9. *Эффективно ли применение роботов в call-центрах: зарубежный и отечественный опыт.* – <https://robo-hunter.com/news/effektivno-li-primenenie-robotov-v-call-centrah-zarubejnii-i-otchestvennii-opit> (дата обращения: 16.01.2018).

Пенский Олег Геннадьевич, д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры информационной безопасности и средств связи, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь; ogpensky@mail.ru.

Кузнецов Андрей Геннадьевич, канд. техн. наук, декан механико-математического факультета, заведующий кафедрой информационной безопасности и средств связи, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь; sp_9914@mail.ru.

Ощепкова Наталья Владимировна, старший преподаватель кафедры высшей математики, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь; nvopsu@mail.ru.

Поступила в редакцию 23 января 2018 г.

MATHEMATICAL MODEL AND ALGORITHM OF ACCUMULATION OF INFORMATION BY THE ROBOT WITH NON-ABSOLUTE MEMORY

O.G. Pensky, ogpensky@mail.ru,
A.G. Kuznetsov, sp_9914@mail.ru,
N.V. Oschepkova, nvopsu@mail.ru
Perm State University, Perm, Russian Federation

Formulas are given that determine the accumulation of information by robots that have non-absolute memory and are psychological analogues of man. It is shown that, with constant information memory coefficients of such robots, the accumulated information is limited. The formulas allowing under these conditions to determine the values of the accumulated information by the robot to a given time point, called the information cycle, and the maximum value of the accumulated information are given. The definition of anomalous accumulated information corresponding to the infinite accumulation of information by a robot is introduced. Theorems describing the properties of accumulated information and allowing for some types of variable information memory coefficients to eliminate the restriction on the amount of accumulated information with simultaneous partial forgetting are proved. An example of a function describing the change in the coefficients of information memory with simultaneous infinite growth of accumulated information is given. A dimensionless characteristic of the accumulated information is introduced, allowing to determine the speed of the anomalous information accumulated by the robot at a specific moment in time. To illustrate the behavior of the function of information memory coefficients and the accumulation of information, the corresponding graphical dependencies are given. The ways of using robot theory with non-absolute memory in the functioning of call-center robots are proposed. An algorithm for accumulating information about clients by a call center robot operator providing an individual approach to each client is proposed, and a method that allows to regulate the behavior of the dimensionless characteristic of the accumulated information about the client.

Keywords: mathematical model, robot, forgetting information, robot memory, call-center, information accumulation, electronic psychological analogue of a person.

References

1. Bolonkin A.A. The Twenty-First Century: the Advent of the Non-Biological Civilization and the Future of the Human Race. *Kybernetes*, 1999, vol. 28, no. 3, pp. 325–334. DOI: 10.1108/k.1999.06728caf.002
2. Bolonkin A.A. The Twenty-First Century – The Beginning of Human Immortality. *Kybernetes*, 2004, vol. 33, no. 9/10, pp.1535–1542. DOI: 10.1108/03684920410556115
3. Penskiy O., Sharapov Y., Chernikov K. Mathematical Models of Emotional Robots with a Non-Absolute Memory. *Intelligent Control and Automation*, 2013, vol. 4., no. 2, pp. 115–121. DOI: 10.4236/ica.2013.42016
4. Sharapov Yu.A. [Modification of an Algorithm of Uznadze in Aspect of Short-Term and Long-Term Memory of the Robot]. *Bulletin of the Perm University. Mathematics. Mechanics. Informatics*, 2013, vol. 1, pp. 50–53. (in Russ.)
5. Sharapov Yu.A. [The General Mathematical Model of Decision-Making by the Robot Depending on His Emotional Pseudo-Education and Logical Experience]. *Modern High Technologies*, 2016, no. 4-1, pp. 62–66. (in Russ.)
6. Penskiy O.G., Chernikov K.V. [Mathematical Models of Mental Sets of Robots]. *Artificial Intelligence and Decision-Making*, 2013, no. 2, pp. 63–67. (in Russ.)
7. Penskiy O., Michailov V., Chernikov K. Mathematical Models of Receptivity and a Human to Education. *Intelligent Control and Automation*, 2014, vol. 5, no. 3, pp. 110–105. DOI: 10.4236/ica.2014.53011
8. Penskiy O.G., Chernikov K.V. *Osnovy matematicheskoy teorii emotsional'nykh robotov: monografiya* [Bases of the Mathematical Theory of Emotional Robots: Monograph]. Perm, Perm State Univ. Publ., 2010. 256 p.

Краткие сообщения

9. *Effektivno li primeneniye robotov v call-centrah: zarubezhnyy i otechestvennyy opyt* [Whether Use of Robots in the Call-Centers Is Effective: Foreign and Domestic Experience]. Available at: <https://robot-hunter.com/news/effektivno-li-primeneniye-robotov-v-call-centrah-zarubejnii-i-otechestvennii-opit> (accessed 16.01.2018).

Received 23 January 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Пенский, О.Г. Математическая модель и алгоритм накопления информации роботом с неабсолютной памятью / О.Г. Пенский, А.Г. Кузнецов, Н.В. Ощепкова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2018. – Т. 18, № 2. – С. 142–148. DOI: 10.14529/ctcr180214

FOR CITATION

Pensky O.G., Kuznetsov A.G., Oschepkova N.V. Mathematical Model and Algorithm of Accumulation of Information by the Robot with Non-Absolute Memory. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2018, vol. 18, no. 2, pp. 142–148. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr180214
