

УДК 004.8

## ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЭМОЦИЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

М.О. Таланов<sup>1</sup>, А.С. Тощев<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Высшая школа информационных технологий и информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета

<sup>1</sup>max.talanov@gmail.com, <sup>2</sup>atoshev@kpfu.ru

### **Аннотация**

Проведено исследование эмоций в различных аспектах: философском, психологическом и нейрофизиологическом; с их учетом описана созданная когнитивная архитектура. На основе «куба эмоций» Левхайма, «колеса эмоций» Плутчика, «теории аффектов» Томкинса и модели мышления Мински охарактеризовано использование эмоций как факторов влияния на вычислительный процесс компьютера. Указаны также возможности использования эмоций в интеллектуальных вопросно-ответных системах.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, виртуальный помощник, социальный агент, эмоции, модели мышления, вычислительные эмоции.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В области искусственного интеллекта важными являются понимание и изучение естественного (т. е. человеческого) интеллекта. Как отмечает Розалинд Пикард [1], возможно, есть и более совершенный интеллект, который достигает своего максимального уровня, когда использует лишь эмоции, но, к сожалению, мы о нем пока не знаем. До сих пор мы не можем в полном объеме объяснить креативность, интуицию и чутье, например, не можем ответить на вопрос, как Дэвид Линч смог создать фильм «Малхолланд драйв». Исследование вычислительных аффектов становится все более важным разделом современного искусственного интеллекта (отметим, что по одному из известных определений аффект (лат. *Affectus* – переживание, душевное волнение, страсть) – это термин философии и

психологии, означающий относительно кратковременное, сильно и бурно протекающее эмоциональное переживание; под вычислительным аффектом понимают смоделированный процесс возникновения аффекта). Возможно, достижения в этой области помогут смоделировать сознание. Исследование вычислительных аффектов идет во многих направлениях: в психологии [2, 3]; нейропсихологии [4, 5]; информационных технологиях [6–8].

А. Тюринг [9] отмечает, что идея построения умной машины больше базируется на исследовании эмоций, нежели чем на построении математической модели. Рациональное мышление тесно связано с эмоциями, например, М. Мински [10] подчеркивает, что эмоции неотделимы от мышления: по его мнению, чтобы взглянуть на проблему под другим углом, необходимо испытать раздраженность и отвлечься, иначе мы просто не сможем решить эту проблему. А. Дамасио [11] выделяет два типа результатов работы эмоций: выражение эмоции как таковой, например, злости, радости, и использование опыта от испытанных эмоций для последующих размышлений, например, мы поняли, что от какого-то действия испытали злость, и поэтому в следующий раз не будем совершать это действие. С другой стороны, современные роботы, как пишут Т. Земке и Р. Лов [12], совершенно не испытывают потребности в эмоциях для решения своих задач, но роботы, с которыми общается человек, должны выражать эмоции хотя бы во время такого общения.

Настоящая статья ставит целью построение модели использования эмоций в современных вычислительных системах, которая учитывает активность моноаминовых нейромодуляторов человеческого мозга. Предварительно мы проанализировали результаты нескольких проведенных исследований [13–15]. Отметим, что наиболее полный обзор имеющихся результатов представлен в [15], на них базируется наша модель. В ней сопоставлено влияние моноаминов (допамина, серотонина, норадреналина), которые задействованы в человеческом мозге, на вычислительные процессы (питания, памяти, обучения, хранения, принятия решений). Построенная модель может служить базой программного комплекса по анализу эмоциональной окраски различных видов деятельности и использоваться в таких областях, как реклама (понимание того, как принимается реклама); моделирование эмоционального поведения; робототехника; виртуальные помощники; предсказание человеческого поведения.

---

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Чтобы понять низкоуровневую организацию эмоций, базирующуюся на нейрохимических реакциях, мы начали исследование с обзора моделей эмоций, существующих в психологии, и полученную структуру процессов эмоций человека представили в разрезе различных областей науки: нейронаук, психологии, искусственного интеллекта. Сразу стало понятной необходимость проведения исследований в сопряженных областях. Основным вопросом оставалось понимание того, как эмоции запускаются. Для ответа на него мы обратились к гипотезе Левхайма о том, что эмоции запускают нейромодуляторы [16]. Теория Левхайма в свою очередь базируется на «теории аффектов» Томкинса [17]. Кроме того, в своей модели мы также сделали попытку синтеза модели мышления Мински [10] и названных выше моделей эмоций.

## ВЛИЯНИЕ ЭМОЦИЙ

Р. Плутчик [2] создал модель трех измерений, названную им «колесом эмоций». В ней он описал 8 базовых эмоций, сгруппированных в пары: радость – грусть; ярость – страх; приятие – отвращение; удивление – разочарование. Кроме того, Р. Плутчик описал процесс влияния эмоций в виде следующей последовательности событий: 1) стимулирующее событие; 2) ожидание реакции; 3) ощущение; 4) физиологическое возбуждение; 5) импульс к действию; 6) совершение действия; 7) влияние действия. Эту модель мы использовали, чтобы описать восприятие эмоций.

Процесс работы эмоций можно описать как гомеостатический процесс, который стремится к равновесию [16]. Эмоции могут влиять на мышление, как и мышление – на эмоции. Шаги 3) и 4) в приведенной выше последовательности могут идти параллельно. Мы попытались отразить процессы влияния эмоций на уровнях модели мышления Мински: скомбинировали шаги 2), 3) и 4) в аффективную оценку (инстинктивную, над которой мы не властны и которая работает автоматически); отдельно в процесс влияния эмоций была добавлена когнитивная оценка (оценка влияния эмоций, полученная в ходе их осмысления). Возможность отделения когнитивной оценки от аффективной была продиктована физиологическим поступлением нейромодуляторов в мозг: из спинального корда в гипоталамус, далее – в миндалины, потом – в кортекс и лобную долю [4].

---

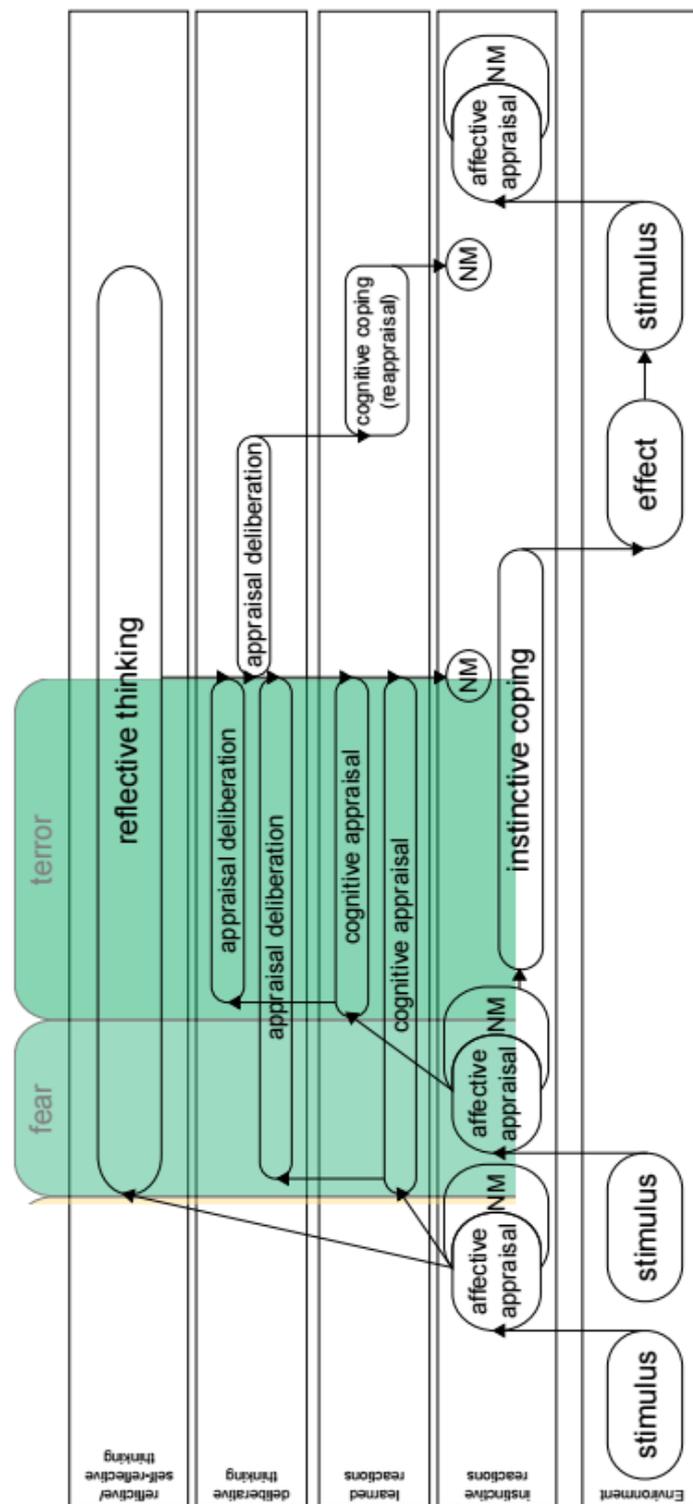


Рис. 1. Схема модели эмоций

На рис. 1 представлена схема функционирования, заложенная в модель: с внешнего уровня (environment) поступает сигнал (раздражитель), который переключает эмоциональное состояние из спокойствия (не закрашенная часть диаграммы) в испуг (fear) (зеленый цвет); далее включается аффективная оценка (ее можно сравнить с безусловным рефлексом) на уровне инстинктивных реакций (instinctive reaction – из модели мышления Мински), здесь сразу же возможна реакция, которая возвращает процесс обратно на внешний уровень (например, одернули руку); в это время происходит еще одно внешнее событие, которое переключает эмоциональное состояние в страх (terror), которой запускает еще один параллельный процесс работы эмоций; затем включается когнитивная оценка, которая задействует имеющийся опыт (это происходит на уровне learned reaction – обученных реакций – согласно модели Мински), здесь же опять возможно возвращение на предыдущий уровень с известным поведением (например, испугались собаки и решили ее обойти); далее сигнал передается на уровень размышлений, где мы обдумываем свою эмоциональную оценку события; на уровне рефлексии мы оцениваем эмоциональное состояние как слишком возбужденное, останавливаем все процессы и переключаем состояние из страха в испуг (успокаиваемся). В то же время реакция (внешний ответ на воздействие) может привести еще к одному циклу реакций на эмоции (например, одернув руку, ударились). Постепенно процесс затухает, подобно кругам на воде.

Далее рассмотрим модель работы искусственных эмоций в сравнении с механизмами их естественного запуска.

### **МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННЫХ ЭМОЦИЙ**

Х. Левхайм [16] предложил представление эмоций в виде проекций на три оси, которые в данном случае являются моноаминами: серотонином, дофамином и норадреналином. Используя оси как векторный базис, он представил группы эмоций из теории Томкинса [17] как проекции на координатные оси, выразив тем самым эмоции как степени концентрации трех моноаминов. Например, страх – это максимальная концентрация дофамина при минимальной концентрации серотонина и норадреналина. Мы объединили подходы названных теорий и связали проекции моноаминов с параметрами вычислительной системы в сфере информационных технологий. Результат представлен на рис. 2.

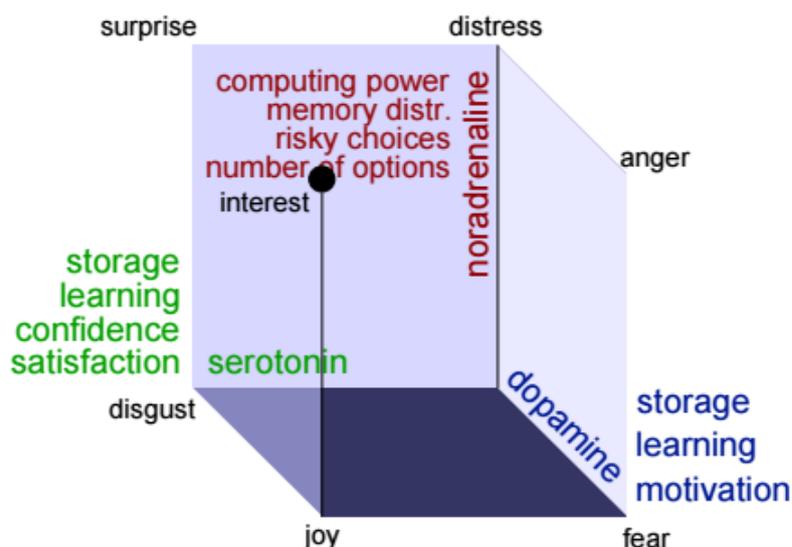


Рис. 2. Объединенная модель эмоций

Для удобства разобьем каждую из осей на три деления, где 0 – начало координат, 3 – высшая точка (максимальная концентрация моноамина). Обозначим координаты в виде  $(X,Y,Z)$ , где  $X$  – дофамин,  $Y$  – норадреналин,  $Z$  – серотонин. В точке  $(0, 3, 0)$  человек испытывает ощущение бедствия, когда произошло что-то очень страшное и непоправимое, и он максимально сконцентрирован на этом событии. В мозге норадреналин (NE) играет роль увеличения внимания, действия. Мы сопоставили с таким влиянием мощность вычислений компьютера (computing power) и выделение оперативной памяти (memory distr.). Кроме того, с точки зрения процесса выбора предпочтение в интеллектуальной системе будет отдаваться более рискованным вариантам (risky choices, number of choices).

При высокой концентрации серотонина (в точке  $(0,0,3)$  – serotonin) человек испытывает спокойное и радостное состояние. В человеческом организме серотонин отвечает за регуляцию поведения, сон, обучение, общение – за все, что мы делаем в спокойном состоянии. Следует обратить внимание, что в состоянии стресса  $(3,3,0)$  человек практически не может адекватно мыслить и работает на «инстинктах». Серотонин играет важную роль в контроле агрессии. С точки зрения вычислительных систем это может быть выражено выделением хранилища данных, так как в это время проходят обучение и анализ опыта. В интеллектуальной системе это может быть регуляцией процесса обучения, т. е. при уровне  $(0,0,3)$

система находится на пике накопления данных. С другой стороны, вся фактическая информация, которая поступает в этот момент, будет восприниматься с максимальной уверенностью. Например, видный ученый в области теории струн объясняет нам ее постулаты, а мы, как губка, принимаем все факты на веру как мнение авторитетного эксперта.

Рассмотрим третий компонент модели – дофамин (dopamine), координаты его максимальной концентрации (3,0,0). У человека этот гормон отвечает за активацию моторных функций. Максимальная концентрация наступает, когда человек испытывает страх. Интересно его сочетание с другими моноaminaми, например, в точке (3,3,0) человек испытывает ярость (это состояние также называется состоянием аффекта), а вот точка (3,3,3) – это состояние эйфории. Обратите внимание: если вы когда-нибудь с любимым человеком ходили в парк аттракционов, то часто называли этот день «самым лучшим». С точки зрения физиологических процессов вы находились в состоянии (3,3,3) и ваш мозг четко ассоциировал это состояние с обстоятельствами, в которых вы находились, и человеком, с которым были рядом. С точки зрения вычислительной системы этот моноамин может служить регулятором выделением памяти (storage), так как в этом состоянии необходимо быстро принимать решения. Кроме того, в точке (3,0,3) человек воспринимает происходящее как награду, и его мотивация что-то делать становится максимальной. Таким образом, в интеллектуальной системе этот компонент может управлять степенью мотивации (motivation).

### **ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ**

Модель действий эмоций тесно связана с системой поощрения человека [10, 4]. Например, мы испытываем эмоцию, когда нас за что-то хвалят или же мы мотивированны что-то сделать. Встречается также термин «нематериальная мотивация» – поощрение при помощи похвалы, признательности, подчеркивания значимости. Описанную выше модель можно применить для более детального исследования человеческих эмоций. Например, можно смоделировать поведение мозга мелкого млекопитающего и посмотреть, как влияют эмоции на его поведение. Такое моделирование поможет проверить жизнеспособность описанной модели.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлен подход к анализу использования эмоций в интеллектуальных системах, основанный на исследовании механизма работы эмоций в организме человека и реализующий упрощенную модель процессов, которые происходят в человеческом мозгу. На основе анализа активаторов эмоций построена модель, которая активирует тот или иной ресурс в вычислительных системах или процесс в интеллектуальных системах. Одним из возможных применений модели является подкреплённое эмоциями обучение, т. е. активация обработки фактов, базирующаяся на эмоциях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Picard R.W.* Affective computing: challenges// International Journal of Human-Computer Studies. 2003. V. 59. P. 55-64.
2. *Plutchik R.* The nature of emotions// American Scientist. 2001. V. 89, No 4. P. 344-350.
3. *Roseman I.* Appraisal determinants of emotions: constructing a more accurate and comprehensive theory// Cognition & Emotion. 1996. V. 10, No 3. P. 241-278.
4. *Arbib Mi., Fellous J.-M.* Emotions: from brain to robot// Trends in Cognitive Sciences. 2004. V. 8, No 12. P. 554-559.
5. *Berridge K.C., Robinson T.E.* Parsing reward// Trends in Neurosciences. 2003. V. 26, No 9. P. 507-510.
6. *Breazeal C.* Emotion and sociable humanoid robots// International Journal of Human-Computer Studies – Application of affective computing in human – Computer interaction. 2003. V. 59, Issue 1-2. P. 119-155.
7. *Cambria E., Hussain A.* Sentic computing. Techniques, tools, and applications. Springer, 2012. 146 p.
8. *Cambria E., Livingstone A., Hussain A.* Cognitive behavioral systems. Chapter The Hourglass of Emotions. Springer, 2012. P. 144-157.
9. *Turing A.M.* Intelligent machinery. In B.J. Copeland, editor: The Essential Turing: the ideas that gave birth to the Computer Age. Oxford: Clarendon, 2004. 411 p.
10. *Minsky M.* The emotion machine. Simon & Shuster Paperbacks, 2007. 400 p.

11. *Antonio R. Damasio*. Emotion in the perspective of an integrated nervous system// *Brain Research Reviews* 26 1998. V. 26. P. 83-86.

12. *Tom Ziemke, Robert Lowe*. On the role of emotion in embodied cognitive architectures: from organisms to robots// *Cogn. Comput.* 2009. V. 1. P. 104-117.

13. *Stacy Marsella, Jonathan Gratch, Paolo Petta*. Computational models of emotion. In K.R. Scherer, T. Bnziger, E. Roesch (Es.). *A blueprint for a affective computing: a sourcebook and manual (Series in Affective Science)*. Oxford: Oxford University Press, 2010.

14. *Jerry Lin, Marc Spraragen, Michael Zyda*. Computational models of emotion and cognition// *Advances in Cognitive Systems*. 2012. V. 2. P. 59-76.

15. *Jonathan Gratch, Stacy Marsella*. Evaluating a computational model of emotion// *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. 2005. V. 11. P. 23-43.

16. *Hugo Lovheim*. A new three-dimensional model for emotions and monoamine neurotransmitters// *Med Hypotheses*. 2012. V. 78, No 2. P. 341-348.

17. *Silvan S. Tomkins*. *Affect imagery consciousness. Volume I. The positive affects*. New York: Springer Publishing Company, 1962.

---

## **CALCULATED EMOTIONS MODEL IN INTELELCTUAL SOFTWARE SYSTEMS**

**M.O. Talanov<sup>1</sup>, A.S. Toshev<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>*High School of Information Technology and Information Systems  
of Kazan Federal University*

<sup>1</sup>max.talanov@gmail.com, atoshev@kpfu.ru<sup>2</sup>

### **Abstract**

We have studied emotions in various aspects: philosophical, psychological and neurophysiological; taking them into account cognitive architecture has been described. Based on Lovheim "Emotion Cube", "Wheel of emotions" by Plutchik, Tomkins "Theory of affects" and Marvin Minsky thinking model we describe usage of emotions as influence factors for computing processes. Also indicated the possibility of using emotions in intelligent question-answer systems.

**Keywords:** *artificial intelligence, virtual assistant, social agent, emotions, thinking models, calculated emotions*

## REFERENCES

1. *Picard R.W.* Affective computing: challenges// *International Journal of Human-Computer Studies*. 2003. V. 59. P. 55-64.
2. *Plutchik R.* The nature of emotions// *American Scientist*. 2001. V. 89, No 4. P. 344-350.
3. *Roseman I.* Appraisal determinants of emotions: constructing a more accurate and comprehensive theory// *Cognition & Emotion*. 1996. V. 10, No 3. P. 241-278.
4. *Arbib Mi., Fellous J.-M.* Emotions: from brain to robot// *Trends in Cognitive Sciences*. 2004. V. 8, No 12. P. 554-559.
5. *Berridge K.C., Robinson T.E.* Parsing reward// *Trends in Neurosciences*. 2003. V. 26, No 9. P. 507-510.
6. *Breazeal C.* Emotion and sociable humanoid robots// *International Journal of Human-Computer Studies – Application of affective computing in human – Computer interaction*. 2003. V. 59, Issue 1-2. P. 119-155.
7. *Cambria E., Hussain A.* Sentic computing. Techniques, tools, and applications. Springer, 2012. 146 p.
8. *Cambria E., Livingstone A., Hussain A.* Cognitive behavioral systems. Chapter The Hourglass of Emotions. Springer, 2012. P. 144-157.
9. *Turing A.M.* Intelligent machinery. In B.J. Copeland, editor: *The Essential Turing: the ideas that gave birth to the Computer Age*. Oxford: Clarendon, 2004. 411 p.
10. *Minsky M.* The emotion machine. Simon & Shuster Paperbacks, 2007. 400 p.
11. *Antonio R. Damasio.* Emotion in the perspective of an integrated nervous system// *Brain Research Reviews* 26 1998. V. 26. P. 83-86.
12. *Tom Ziemke, Robert Lowe.* On the role of emotion in embodied cognitive architectures: from organisms to robots// *Cogn. Comput.* 2009. V. 1. P. 104-117.
13. *Stacy Marsella, Jonathan Gratch, Paolo Petta.* Computational models of emotion. In K.R. Scherer, T. Bzinger, E. Roesch (Es.). *A blueprint for a affective computing: a sourcebook and manual (Series in Affective Science)*. Oxford: Oxford University Press, 2010.

14. *Jerry Lin, Marc Spraragen, Michael Zyda*. Computational models of emotion and cognition// *Advances in Cognitive Systems*. 2012. V. 2. P. 59-76.

15. *Jonathan Gratch, Stacy Marsella*. Evaluating a computational model of emotion// *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*. 2005. V. 11. P. 23-43.

16. *Hugo Lovheim*. A new three-dimensional model for emotions and monoamine neurotransmitters// *Med Hypotheses*. 2012. V. 78, No 2. P. 341-348.

17. *Silvan S. Tomkins*. Affect imagery consciousness. Volume I. The positive affects. New York: Springer Publishing Company, 1962.

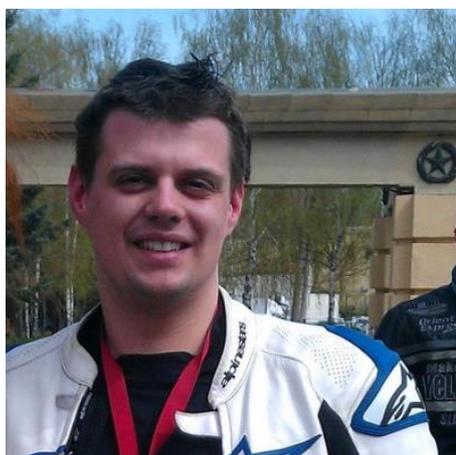
### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



**ТАЛАНОВ Максим Олегович** – кандидат технических наук, руководитель Лаборатории машинного понимания Высшей школы Информационных технологий и информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета (КФУ).

**Maxim Olegovich TALANOV**, PhD, head of Machine Cognition Lab in Higher Institute of Information Technology in Kazan (Volga region) Federal University.

email: max@machine-cognition.org



**ТОЩЕВ Александр Сергеевич** – окончил Казанский Федеральный университет по специальности экономист-математик в 2011 году. В данный момент является аспирантом Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского КФУ и младшим научным сотрудником Лаборатории машинного понимания Высшей школы Информационных технологий и информационных систем КФУ. Области интересов: обработка данных, искусственный интеллект, машинное обучение.

**Alexander Sergeevich TOSHEV**, received MS degree in mathematics and economics from Kazan Federal University (2011). Currently is a graduate student at the N.I. Lobachevskii Institute of Mathematics and Mechanics of Kazan Federal University and young researcher at Machine Cognition Laboratory. Current scientific interests: data mining, artificial intelligence, machine learning.

email: atoshev@kpfu.ru

*Материал поступил в редакцию 25 мая 2015 года*

---