УДК 004.8

**ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОНОАМИНОВЫХ НЕЙРОМОДУЛЯТОРОВ КАК ПАРАМЕТРОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В ОБЛАСТИ ИТ**

**А.С. Тощев1, М.О. Таланов2**

*Высшая школа информационных технологий Казанского (Приволжского) федерального университета*

1[*atoschev@kpfu.ru*](mailto:atoschev@kpfu.ru)*,* 2[*max.talanov@gmail.com*](mailto:vlada.kugurakova@gmail.com)

***Аннотация***

Мы провели исследование эмоций в различных аспектах: философском, психологическом и нейрофизиологическом. В статье описана созданная нами когнитивная архитектура с учетом всех перечисленных аспектов. Мы также приводим описание использование эмоций как факторов влияния на вычислительный процесс машины, базируясь на «Кубе Эмоций» Левхайма, «Колесе эмоций» Плутчика, «Теории аффектов» Томкинса и модели мышления Мински. В статье также описано возможное использование эмоций в интеллектуальных вопросно-ответных системах.

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

**ВВЕДЕНИЕ**

Важным вопросом в области искусственного интеллекта является понимание интеллекта естественного, то есть человеческого. «Возможно есть и более совершенный интеллект, который достигает своего максимального уровня, используя лишь эмоции, но к сожалению мы о нем пока не знаем», - отмечает в своей статье Розалинд Пикард [1].

До сих пор мы до конца не можем объяснить креативность, интуицию и чутье. Например, мы не можем ответить на вопрос: как Дэвид Линч смог создать фильм «Малхолланд драйв»? Исследование области вычислительных аффектов становится все более и более важной областью современного искусственного интеллекта. Возможно достижения в этой области помогут смоделировать сознание. Исследование вычислительных аффектов идет во многих направлениях: психология [2,3]; нейропсихология [4, 5]; ИТ [6, 7, 8].

А. Тюринг отмечал в своем исследовании «Умные Машины» [9], что идея построения умной машины больше базируется на исследовании эмоций, нежели чем на построение математической модели. Рациональное мышление тесно связано с эмоциями, например, М. Мински в своей книге «Эмоциональная машина» [10] отмечал, что эмоции неотделимы от мышления: «чтобы взглянуть на проблему под другим углом, - пишет он, - нам необходимо испытать раздраженность и отвлечься, иначе мы просто не сможем решить проблему». Кроме того, А. Дамасио в свое работе «Интеграция эмоций в нервную систему» [11] отмечает два типа результата от работы эмоций: выражение эмоции как таковой, например, злости, радости и использование опыта от испытанных эмоций для последующих размышления, например, мы поняли, что от действия А мы испытали злость, в следующий раз мы не будем совершать это действие.

С другой стороны, современные роботы, как пишут Земке и Лов [12], совершенно не испытывают потребности в эмоциях для решения задач, но роботы, с которыми общается человек должны выражать эмоции хотя бы на своем лице во время разговора.

Данная статья берет своей задачей построение модели использования эмоций в современных вычислительных системах, базируясь на активности моноаминовых нейромодуляторов человеческого мозга. Перед созданием модели мы рассмотрели несколько существующих исследований [13, 14]. Наиболее хороший обзор существующих изысканий был представлен Дж. Гратчем и С. Марселла [15]. На его основе мы построили свою модель, речь о которой пойдет далее. В своей модели мы предлагаем сопоставление влияния моноаминов: допамина, серотонина, норадреналина, которые задействованы в человеческом мозге, и вычислительных процессов: питания, памяти, обучения, хранения, принятия решений. Эта модель может быть базой для аффективно-вычислительного фреймворка и может быть использована в следующих областях: реклама (понимания того, как принимается реклама); моделирование эмоционального поведения; робототехника; виртуальные помощники; предсказание человеческого поведения.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ**

Мы начали исследование с обзора существующих в психологии моделей эмоций, чтобы понять низкоуровневую организацию эмоций, базирующуюся на нейрохимических реакциях. Полученную структуру процессов эмоций человека мы представили в разрезе различных областей науки: нейронауки, психология, искусственный интеллект. Как только точная картина была сформирована, стало понятно, что требуется провести исследования в сопряженных областях. Основным вопросом оставалось понимание того, как эмоции запускаются. Для решения мы обратились к гипотезе Левхайма о том, что эмоции запускают нейромодуляторы [16]. Теория Левхайма в свою очередь базируется на «Теории аффектов» Томкинса [17].

В своей модели мы также сделали попытку синтеза модели мышления Мински и приведенных выше моделей эмоций.

**ВЛИЯНИЕ ЭМОЦИЙ**

Р. Плутчик создал модели 3-х измерений, названную «Колесо эмоций» [2], которую мы использовали в своей модели, чтобы описать восприятие эмоций. В модели он описал 8 базовых эмоций, сгруппированных в пары: радость – грусть; ярость – страх; приятие – отвращение; удивление – разочарование. Кроме того Плутчик описал процесс работы влияния эмоций:

1. Стимулирующее событие

2. Ожидание реакции

3. Ощущение

4. Физиологическое возбуждение

5. Импульс к действию

6. Совершение действия

7. Влияние действия

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

На рисунке 2 продемонстрирована схема работы модели: с внешнего уровня (environment) поступает сигнал (раздражитель), который переключает эмоциональное состояние из спокойствия (желтый цвет на диаграмме) в испуг (fear) (зеленый цвет); включается аффективная оценка (можно сравнить с безусловным рефлексом) на уровне инстинктивных реакций (instinctive reaction – из модели мышления Мински), здесь сразу же возможна реакция, которая вернется обратно на внешний уровень (например, одернули руку); в это время происходит еще одно внешнее событие, коорое переключает эмоциональной состояние в страх (terror), которой запускает еще один параллельный процесс работы эмоций; затем включается когнитивная оценка, которая задействует имеющейся опыт (это происходит на уровне learned reaction, - обученных реакций, - согласно модели Мински), здесь же опять возможно возвращение на предыдущий уровень с готовым поведением (например, испугались собаки и решили ее обойти); далее сигнал передается на уровень размышлений, где мы обдумываем свою эмоциональную оценку события; и на уровне рефлексии мы оцениваем эмоциональное состояние как слишком возбужденное и останавливаем все процессы и переключаем состояние из страха в испуг (успокаиваемся). В тоже 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 сравнение с механизмами их естественного запуска.

**МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННЫХ ЭМОЦИЙ**

В своей статье «3-х мерная модель эмоций на основе моноаминовых нейротрансмиттеров», опубликованной в 2012 году [16], Х. Левхайм предложил представление эмоций как проекцию 3-х осей, 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 координат. Разложив тем самым эмоции на степень концентрации 3-х моноаминов. Например, страх – это максимальная концентрация дофамина при минимальной концентрации серотонина и норадреналина.

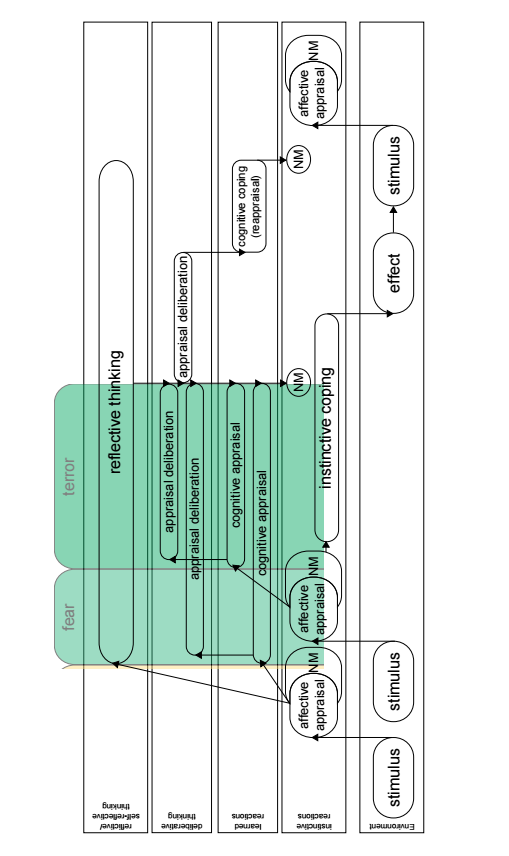


Рисунок 1 Схема модели эмоций

Мы объединили все теории и сделали проекцию моноаминов на параметры вычислительной системы в ИТ. Результат представлен на Рисунке 2. Для удобства разобьем каждую ось на 3 деления, где 0 – начало координат, 3 высшая точка (максимальная концентрация моноамина). За обозначение координат примем стандартное 3-х мерное (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 сделали сопоставление с таким влиянием на мощность вычислений компьютера (computing power), выделение оперативной памяти (memory distr.), кроме того с точки зрения процесса выбора в интеллектуальной системе будет отдаваться предпочтение более рискованным вариантам (risky choices, number of choices).

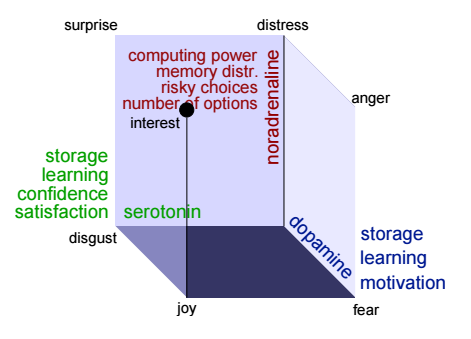


Рисунок 2 Объединенная модель эмоций

При высокой концентрации серотонина (0,0,3) – serotonin – человек испытывает спокойное и радостное состояние. В человеческом организме серотонин отвечает за регуляцию поведения, сон, обучение, общение, - все что мы делаем в спокойной состоянии. Обратите внимание, что в состоянии стресса (3,3,0) вы практически не можете 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 этом время проходит обучение и анализ опыта. В интеллектуальной системе это может быть регуляцией процесса обучения, то есть 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, мы как губка принимаем все факты на веру, как мнение авторитетного эксперта.

Рассмотрим 3-й компонент модели – дофамин (dopamine), - координаты его максимальной концентрации (3,0,0). У человека этот гармон отвечает за активацию моторных функций. Максимальная концетрация наступает, когда человек испытывает страх. Интересно его сочетание с другими моноаминами, 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, что если вы когда-нибудь с любимым человеком ходили в парк аттракционов, то 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 вы 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 максимальна. 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 ща что-то хвалят или же мы мотивированны что-то сделать. Встречается также термин нематериальная мотивация – поощрение при помощи похвалы, признательности, подчеркивания значимости. Модель можно применить для более детального исследования человеческих эмоций. Например, мы планируем смоделировать мозг мелкого млекопитающего и посмотреть как влияют эмоции на его поведение. Такое моделирование также поможет проверить модель на жизнеспособность.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Нами была представлена модель использования эмоций в интеллектуальных системах. Мы начали с исследования механизма работы эмоций в организме человека. Работа представляет упрощенную модель процессов, которые проистекают в человеческом мозгу. Разобравшись в активаторах эмоций мы создали модель, которая активирует тот или иной ресурс в вычислительных системах или процесс в интеллектуальных системах.

Одним из возможных применений модели является подкреплённое эмоциями обучение, то есть активация обработки фактов, полагаясь на эмоции. В статье описан пример с профессором по теории струн.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. R.W. Picard (2003):. Affective Computing: Challenges. International Journal of Human-Computer Studies 59, pp. 55–64.
2. R. Plutchik (2001): The Nature of Emotions. American Scientist 89(4), pp. 344–350.
3. I. Roseman (1996): Appraisal Determinants of Emotions: Constructing a More Accurate and Comprehensive Theory. Cognition & Emotion 10: 3, pp. 241 –278.
4. Mi. Arbib, J.-M. Fellous (2004): Emotions: from brain to robot. Trends in Cognitive Sciences 8(12), pp. 554–559
5. K. C. Berridge, T. E. Robinson (2003): Parsing Reward. Trends in Neurosciences 26(9)
6. C. Breazeal (2002): Emotion and sociable humanoid robots.
7. E. Cambria, A. Hussain (2012): Sentic Computing. Techniques, Tools, and Applications. Springer.
8. E. Cambria, A. Livingstone, A. Hussain (2012): Cognitive Behavioural Systems, chapter The Hourglass of Emotions, pp. 144–157. Springer.
9. A.M. Turing (1948): Intelligent Machinery. In B.J. Copeland, editor: The Essential Turing: the ideas that gave birth to the Computer Age., Oxford: Clarendon, 2004, p. 411.
10. Marvin Minsky (2007): The Emotion Machine: Commonsense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind. Simon & Schuster.
11. Antonio R. Damasio (1998): Emotion in the perspective of an integrated nervous system. Brain Research
12. Tom Ziemke & Robert Lowe (2009): On the Role of Emotion in Embodied Cognitive Architectures: From Organisms to Robots. Cogn Comput, pp. 104–117.
13. Stacy Marsella, Jonathan Gratch & Paolo Petta (2010): Computational Models of Emotion. In K.R. Scherer, T. Bnziger & E. Roesch, editors: A blueprint for a affective computing: A sourcebook and manual., Oxford: Oxford University Press.
14. Jerry Lin, Marc Spraragen & Michael Zyda (2012): Computational Models of Emotion and Cognition. Advances in Cognitive Systems 2, pp. 59–76.
15. Jonathan Gratch & Stacy Marsella (2005): Evaluating a Computational Model of Emotion. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems 11, pp. 23–43.
16. Hugo Lovheim (2012): A new three-dimensional model for emotions and monoamine neurotransmitters.
17. S. Tomkins (1962): Affect imagery consciousness volume I the positive affects. New York: Springer Publishing Company.

**MONOAMINE NEUROMODULATORS AS PARAMETRS OF SOFTWARE SYSTEM IN IT**

**A. Toschev, M. Tanalov**

*Higher Institute of Information Technology, Kazan Federal University*

1[*atoschev@kpfu.ru*](mailto:atoschev@kpfu.ru)*,* 2[*max.talanov@gmail.com*](mailto:vlada.kugurakova@gmail.com)

***Abstract***

We have studied several emotion techniques in different domains: philosophy, psychology and neurophysics. Paper describes model and cognitive architecture that used emotions. We propose emotion model for controlling calculation power in computers and processes in intelligent systems. Paper provides description and visualize model based on Lovheim “Emotion Cube”, “Wheel of emotions” by Plutchik, and Tomkins “Theory of affects” and Minsky “Emotion Machine”. In paper described application of model in intellectual question-answer systems.

***Keywords****: AI, Affective Computation, Affective Computing, Affective Modeling, Cognitive Architecture, Cognitive Modeling, Computing Emotions, Machine Thinking, Model of Emotions, Model of Emotional Thinking, Neuromodulation, Neurotransmission*

**REFERENCES**

1. R.W. Picard (2003):. Affective Computing: Challenges. International Journal of Human-Computer Studies 59, pp. 55–64.
2. R. Plutchik (2001): The Nature of Emotions. American Scientist 89(4), pp. 344–350.
3. I. Roseman (1996): Appraisal Determinants of Emotions: Constructing a More Accurate and Comprehensive Theory. Cognition & Emotion 10: 3, pp. 241 –278.
4. Mi. Arbib, J.-M. Fellous (2004): Emotions: from brain to robot. Trends in Cognitive Sciences 8(12), pp. 554–559
5. K. C. Berridge, T. E. Robinson (2003): Parsing Reward. Trends in Neurosciences 26(9)
6. C. Breazeal (2002): Emotion and sociable humanoid robots.
7. E. Cambria, A. Hussain (2012): Sentic Computing. Techniques, Tools, and Applications. Springer.
8. E. Cambria, A. Livingstone, A. Hussain (2012): Cognitive Behavioural Systems, chapter The Hourglass of Emotions, pp. 144–157. Springer.
9. A.M. Turing (1948): Intelligent Machinery. In B.J. Copeland, editor: The Essential Turing: the ideas that gave birth to the Computer Age., Oxford: Clarendon, 2004, p. 411.
10. Marvin Minsky (2007): The Emotion Machine: Commonsense Thinking, Artificial Intelligence, and the Future of the Human Mind. Simon & Schuster.
11. Antonio R. Damasio (1998): Emotion in the perspective of an integrated nervous system. Brain Research
12. Tom Ziemke & Robert Lowe (2009): On the Role of Emotion in Embodied Cognitive Architectures: From Organisms to Robots. Cogn Comput, pp. 104–117.
13. Stacy Marsella, Jonathan Gratch & Paolo Petta (2010): Computational Models of Emotion. In K.R. Scherer, T. Bnziger & E. Roesch, editors: A blueprint for a affective computing: A sourcebook and manual., Oxford: Oxford University Press.
14. Jerry Lin, Marc Spraragen & Michael Zyda (2012): Computational Models of Emotion and Cognition. Advances in Cognitive Systems 2, pp. 59–76.
15. Jonathan Gratch & Stacy Marsella (2005): Evaluating a Computational Model of Emotion. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems 11, pp. 23–43.
16. Hugo Lovheim (2012): A new three-dimensional model for emotions and monoamine neurotransmitters.
17. S. Tomkins (1962): Affect imagery consciousness volume I the positive affects. New York: Springer Publishing Company.

***СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ***

**Таланов Максим Олегович** – к.т.н., руководитель лаборатории машинного понимания КФУ.

***Maxim Olegovich Talanov,*** head of Machine Cognition lab. Lead of Neucogar project belonged to calculation emotions.

email: [max@machine-cognition.org](mailto:max@machine-cognition.org)

**

***ТОЩЕВ Александр Сергеевич*** – аспирант Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского Казанского федерального университета, м. н. с. Высшей школы Информационных технологий и информационных систем Казанского (Приволжского) федерального университета / НИЛ OpenLab Машинное понимание.

***Alexander Sergeevich TOSCHEV,*** 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. Current scientific interests: data mining, artificial intelligence, machine learning.

email: atoschev@kpfu.ru