

АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОГНИТИВНОЙ ФУНКЦИИ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ ОБУЧЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ АРХИТЕКТУР*

И.А. ПШЕНОКОВА¹, Н.А. ЧЕЧЕНОВА², Л.Б. КОКОВА²

¹ Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»
360000, КБР, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а
E-mail: iipru@rambler.ru

² ФГБНУ «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»
360002, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2
E-mail: cgrkbncran@bk.ru

Для создания общего искусственного интеллекта необходимо создать аппарат когнитивной функции эмоциональной оценки, который являлся бы движущей силой, способной инициировать, направлять и регулировать работу системы. В работе представлен алгоритм моделирования когнитивной функции эмоциональной оценки ситуаций на основе обучения мультиагентных нейрокогнитивных архитектур. Отрицательная эмоциональная оценка стартовой ситуации мобилизует систему на поиск оптимального решения для достижения результата, т.е. желаемая ситуация будет формулироваться с целью избегания попадания в аналогичную ситуацию в следующий раз, что приведет к обучению путем изменения знаний в условной части и контрактных отношений между агентами в когнитивных блоках мультиагентной архитектуры. Положительная оценка сопровождается усиленным «выбросом» дополнительной энергии агентам, что приводит к укреплению связей в виде контрактов, которые были заключены для достижения поставленной цели, в когнитивных блоках мультиагентной архитектуры.

Ключевые слова: мультиагентная система, нейрокогнитивная архитектура, эмоции, интеллектуальная система, когнитивные функции.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время активно продолжают попытки создания системы общего искусственного интеллекта (ИИ). Существующие системы относятся к так называемому узкому ИИ, который неплохо решает конкретную (узкую) задачу и решение им новой задачи невозможно без вмешательства человека. Общий ИИ представляет собой систему, обладающую когнитивными функциями человека. Необходимо, чтобы данная система обладала такими способностями, как внимание, восприятие, память, интеллект и др., и могла самостоятельно, без человеческого вмешательства, решать поставленные задачи. Все перечисленные ниже способности связаны с деятельностью головного мозга, а также зависят от общего состояния организма. Мозг в целом – это система принятия решений и управления, в которой эмоциональная оценка ситуаций является системообразующей подсистемой. Чтобы принять решение о выполняемых действиях, в некоторой ситуации человеку необходимо составить некоторое резюме. Его помогают составить физиологическая сигнатура (состояние организма) и эмоциональная сигнатура. Совокупность этих сигнатур помогает человеку сделать выбор в конкретной ситуации в пользу того или иного решения.

* Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ 18-01-00658 А, 19-01-00648 А

Следовательно, для создания общего ИИ необходимо создать аппарат когнитивной функции эмоциональной оценки, который являлся бы движущей силой, способной инициировать, направлять и регулировать работу системы. Однако в силу того, что общепринятого определения эмоций нет, их достаточно сложно формализовать.

Изучение эмоций включает в себя не только когнитивные аспекты, но и физиологические и экспрессивные, а также субъективный опыт. Таким образом, эмоции являются полем исследования преимущественно для когнитивной науки. Когнитивная наука по определению – это междисциплинарное исследование познания. Следовательно, для того чтобы определить эмоции, необходим междисциплинарный подход.

Рассмотрим различные подходы к определению эмоций.

Эволюционный подход состоит в том, что эмоции как когнитивная функция анализа окружающего мира проявились раньше мыслительной деятельности. Показано, что эмоциональная оценка, порождённая структурами мозга [1, 2], представляет собой интегральную реакцию на окружающую среду в отличие от рациональной. В [3] показано, что деление на эмоциональную и рациональную деятельность начинается с того момента, когда человек приобретает язык, т.е. развитую структуру символов. Так как язык – это временной ряд символов [4], то рациональное мышление можно отнести к последовательному способу обработки информации, а эмоциональное мышление больше соответствует параллельному способу. Причем такое же разделение относят к левому и правому церебральным полушариям мозга [5], и предполагается, что рациональное мышление относится к левому, а эмоции связаны с правым полушарием.

Такое разделение не противоречит определению эмоций с позиции психологии. Согласно [6], полушария головного мозга имеют чёткое разделение. За оценку нового отвечает правое полушарие, за обработку уже известной информации – левое полушарие. То есть для обработки любого неожиданного, нового события подключается правое полушарие, и именно новое, неожиданное событие вызывает сильную эмоциональную реакцию, что приводит к оценке окружающей действительности.

Согласно нейрофизиологии, система, которая обновляет оценку окружающего мира, состоит из маленьких групп клеток в среднем мозге, которые общаются на языке нейротрансмиттера под названием «дофамин», который влияет на процессы мотивации и обучения. Положительные эмоции приводят к усиленному выбросу дофамина, отрицательные – к уменьшению выработки дофамина [7]. В зависимости от уровня дофамина происходит изменение синаптических связей между нейронами.

Попытки формализовать эмоции в искусственных системах принятия решений активно предпринимаются [8-13]. Аппарат эмоций в этих системах редуцирован до указания некоторого количества дискретных эмоциональных состояний, считающихся целевыми, и вычисления рассогласования текущих и целевых значений, которые либо минимизируются (отрицательные эмоции), либо максимизируются (положительные эмоции). Например, в [10] такие эмоциональные состояния с соответствующими весовыми коэффициентами влияют на модельные расчёты. В [11] вводятся «эмоциональные» и «рациональные» динамические переменные; их нелинейное взаимодействие обеспечивает разнообразие состояний системы. В [12] представлен т.н. «реинжиниринг мозга», основанный на анализе роли и функций кортикальных и субкортикальных структур в процессе обучения. В [13] используется единый аппарат нелинейных дифференциальных уравнений для описания состояния и взаимодействия нейронов мозга в когнитивных процессах.

В этих работах речь идет об эмоциональной оценке, которая играет ключевую роль в обучении и принятии решений, а не об эмоциях в искусственных агентах как экран, который отображает настроение.

Цель работы состоит в разработке основных принципов, методов и алгоритмов моделирования когнитивной функции эмоциональной оценки ситуаций в системе искусственного интеллекта на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур.

АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОГНИТИВНОЙ ФУНКЦИИ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ ОБУЧЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ АРХИТЕКТУР

Рассмотрим теперь поход к моделированию эмоциональной оценки в системах искусственного интеллекта на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур [14].

Мультиагентной называется система, образованная множеством интеллектуальных агентов-нейронов, взаимодействующих между собой посредством контрактов для достижения общесистемной цели, и взаимодействующая с внешней средой для получения дополнительной энергии. Энергия в данном случае рассматривается как целевая функция агента в задаче максимизации продолжительности собственной жизни при ограничениях, накладываемых средой обитания. Под контрактом понимается зависимость, возникающая и развивающаяся, когда агенты заключают друг с другом договорные обязательства на условиях взаимовыгодного обмена энергии на знания. Такая зависимость лежит в основе мультиагентного экзистенциального отображения (МАЭО). Знания – это динамическая причинно-следственная зависимость, имеющая следующий формат: стартовая (текущая) ситуация, желаемая ситуация, чаще всего это прогноз на ожидаемое состояние энергии и действие, которое нужно выполнить для перехода из начальной ситуации в конечную. У каждого агента в системе есть своя база знаний, согласно которой он функционирует [15].

Ситуация – это набор событий, объединенных эмоциональной оценкой.

Событие в свою очередь – это информация, поступающая в систему с энтеро- и/или экстероцепторов, которая формируется агентами посредством МАЭО.

Минимальная архитектура мультиагентной нейрокогнитивной системы должна состоять из агентов-экстероцепторов, позволяющих принимать и обрабатывать внешние сигналы, агентов-экстероэффекторов, позволяющих передавать внутренние сигналы пользователю, и агентов-фабрик, создающих агентов определенного типа для формирования когнитивных узлов. Такие когнитивные узлы выполняют разнородные функции, но связаны друг с другом по данным. Они состоят из программных агентов-нейронов, которые в свою очередь также могут быть объединены в когнитивную архитектуру, в составе которой могут быть выделены мультиагентные когнитивные узлы. Такая рекурсия не ограничена по глубине вложенности. Можно выделить следующие взаимосвязанные когнитивные узлы – распознавания входных образов, моделирования, эмоциональной оценки, целеполагания, синтеза плана действий, управления выполнением плана. Такое множество агентов создаются соответствующими агентами-фабриками и образуют вычислительную абстракцию инварианта нейрокогнитивной архитектуры для синтеза интеллектуальных решений [16].

В результате работы когнитивного узла распознавания [17] получаем некоторое событие $s_{i\tau_k}^j$, произошедшее в момент времени τ_k , $k = 1, \dots, N$, N – количество агентов в системе, представляется в виде функциональных зависимостей между концептуальными агентами \mathfrak{X}_i^j , i – имя агента, j – тип агента в составе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры, которые образованы на основе МАЭО (\mathcal{Y} – функция). На рисунке 1 МАЭО обозначено стрелками.

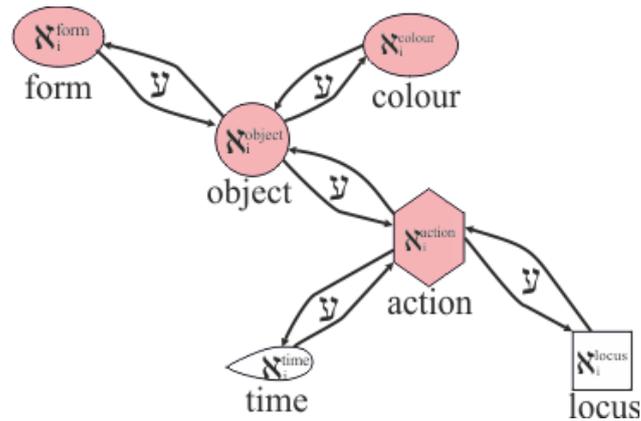


Рис. 1. Конструирование событий из разных типов концептуальных агентов

Формально событие, поступившее на вход системы, можно записать в виде:

$$s_{it_k}^j = \{ \mathfrak{N}_i^j : \mathfrak{N}_i^j = \bigcup_{i_k}^{j_k} \{ \gamma(\mathfrak{N}_{i+1}^{j+1}) \} \}.$$

Эта информация поступает на Фабрику-моделирующих агентов для создания агента, который на основе стартовой ситуации достраивает ожидаемую, обращаясь к опыту. Если в результате работы моделирующего агента стартовая ситуация оказалась лучше ожидаемой, происходит усиленный «выброс» транзиттеров в систему в виде дополнительной энергии. Большое поступление энергии приводит к работе Фабрику-эмоциональных агентов, которая создает агента эмоциональной оценки. Так как система еще не знает, что значит такой сильный выброс транзиттеров, агент обращается с вопросом к пользователю: «Как это оценить?». Пользователь дает оценку произошедшему событию по шкале от «хорошо» до «отлично» и через клавиатуру обращается к агенту эмоциональной оценки. Агент запоминает свое состояние, для того чтобы иметь возможность в следующий раз, за счет оценки входных событий, получать от агентов более высокого уровня дополнительную энергию. Если же стартовая ситуация оказалась хуже ожидаемой, тогда выработка транзиттеров уменьшается, и Фабрика-эмоциональных агентов создает агента, который получает оценку от «плохо» до «удовлетворительно». Далее когнитивом целеполагания после получения сообщения от когнитива эмоциональной оценки формулируется условие задачи и ставится цель. Затем в работу вступает когнитив синтеза плана действий для формирования алгоритма принятия решения. План должен привести к достижению цели и получению положительной эмоциональной оценки, но не противоречить потенциалису. На основании полученной картины когнитив управления реализует действия, направленные на достижение поставленной цели, который взаимодействует с внешней средой посредством эффекторов. Если цель достигнута и от пользователя получено вознаграждение в виде дополнительной энергии, которая увеличивает выброс транзиттера в систему, контракты между агентами, заключенные для выполнения поставленной задачи, укрепляются за счет распределения полученной энергии между ними.

Значение энергии, поступающей в систему в результате выброса транзиттеров γ_{t_k} , и соответствующая ей эмоциональная оценка ε_{t_k} могут быть записаны в следующем виде:

$$E(\mathfrak{N}_i^j) = \begin{cases} 1000, & \gamma_{t_k} > 500, & \varepsilon_{t_k} = \text{"отлично"}; \\ 500, & 200 < \gamma_{t_k} \leq 500, & \varepsilon_{t_k} = \text{"хорошо"}; \\ 100, & 50 < \gamma_{t_k} \leq 200, & \varepsilon_{t_k} = \text{"удовлетворительно"}; \\ 10, & 0 < \gamma_{t_k} \leq 50, & \varepsilon_{t_k} = \text{"плохо"}. \end{cases}$$

Ситуацию, произошедшую в момент времени t_k , запишем как последовательность событий во временном отрезке $[\tau_s, \tau_f]$ с соответствующей эмоциональной оценкой:

$$S_{t_i \tau_s}^{j \tau_f} = \left(s_{i \tau_s}^j \wedge s_{i \tau_{s+1}}^j \dots \wedge s_{i \tau_f}^j \wedge \varepsilon_{t_k} \right).$$

Тогда знания, которыми обладают агенты когнитивной системы, можно записать в виде продукции

$$k_i^{jh} = \left(s_{t_i \tau_a}^{j \tau_b} \wedge s_{t_i \tau_c}^{h \tau_f}; a_{t_i \tau_d}^{j h \tau_f} \right), \tau_a \leq \tau_b \leq \tau_c \leq \tau_d \leq \tau_f,$$

где $s_{t_i \tau_a}^{j \tau_b}$ – начальная ситуация, $s_{t_i \tau_c}^{h \tau_f}$ – конечная (желаемая) ситуация, $a_{t_i \tau_d}^{j h \tau_f}$ – действие, которое должен выполнить агент, чтобы из начальной перейти в желаемую ситуацию.

Если эмоциональная оценка стартовой ситуации отрицательная, это мобилизует систему на поиск оптимального решения для достижения результата, т.е. желаемая ситуация будет формулироваться с целью избегания попадания в аналогичную ситуацию в следующий раз, что приведет к обучению путем изменения знаний в условной части и контрактных отношений между агентами в когнитивных блоках мультиагентной архитектуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для создания общего ИИ необходимо создать аппарат когнитивной функции эмоциональной оценки, который являлся бы движущей силой, способной инициировать, направлять и регулировать работу системы. Представлен алгоритм моделирования когнитивной функции эмоциональной оценки ситуаций на основе обучения мультиагентных нейрокогнитивных архитектур. Отрицательная эмоциональная оценка стартовой ситуации мобилизует систему на поиск оптимального решения для достижения результата, т.е. желаемая ситуация будет формулироваться с целью избегания попадания в аналогичную ситуацию в следующий раз, что приведет к обучению путем изменения знаний в условной части и контрактных отношений между агентами в когнитивных блоках мультиагентной архитектуры. Положительная оценка сопровождается усиленным «выбросом» дополнительной энергии агентам, что приводит к укреплению связей в виде контрактов, которые были заключены для достижения поставленной цели, в когнитивных блоках мультиагентной архитектуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Koziol L.F., Budding D.E.* Subcortical Structures and Cognition. Implications for Neuropsychological Assessment. Springer, 2009.
2. *Александров Ю.И. (ред.)*. Основы психофизиологии. М.: ИнфраМ, 1998.
3. *Deacon T.W.* The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and the Brain. N.Y.: Norton, 1997.
4. *Шумский С.А.* Моделирование процесса обучения языку // Труды конф. «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях». Н. Новгород, 2013. С. 202-203.
5. *Bianki V.L.* Parallel and sequential information processing in animals as a function of different hemispheres // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 1984. V. 14 (№ 6). Pp. 497-501.
6. *Голдберг Э.* Парадокс мудрости. М.: УРСС, 2005. С. 380.
7. *Иглмен Д.* Мозг: ваша личная история. Пер.: Ю. Гольдберг. 2016. С. 270.
8. *Шамис А.С.* Пути моделирования мышления. М.: КомКнига, 2006. 224 с.
9. *Яхно В.Г.* Проблемы на пути конструирования симулятора живых систем. Н. Новгород, 2011. С. 246-249.
10. *Samsonovich A.* Emotional biologically inspired cognitive architecture // *Biologically Inspired Cognitive Architectures* 2013. V. 6. Pp. 109-125.

11. Рабинович М.И., Мюезинглу М.К. Нелинейная динамика мозга: эмоции и интеллектуальная деятельность // УФН. 180 (4). С. 371-387.
12. Чернавский Д.С. Синергетика и информация: динамическая теория информации. М.: УРСС, 2004. 287 с.
13. Chernavskaya O.D., Chernavskii D.S., Karp V.P., Nikitin A.P., Shchepetov D.S. An architecture of thinking system within the Dynamical Theory of Information. // Biologically Inspired Cognitive Architecture (BICA), 2013. V. 6. Pp. 147-158.
14. Нагоев З.В. Интеллектика, или Мышление в живых и искусственных системах // Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2013. 211 с.
15. Nagoev Z.V. Multiagent recursive cognitive architecture // Biologically Inspired Cognitive Architectures 2012, Proceedings of the third annual meeting of the BICA Society, in Advances in Intelligent Systems and Computing series, Springer, 2012. Pp. 247-248.
16. Zalimkhan Nagoev, Olga Nagoeva, Inna Pshenokova, Irina Gurtueva. Multi-agent Model of Semantics of Simple Extended Sentences Describing Static Scenes // Interactive Collaborative Robotics. 4th International Conference Proceedings, ICR 2019. Lecture Notes in Artificial Intelligence. Vol. 11659. Pp. 245-259.
17. Zalimkhan Nagoev, Inna Pshenokova, Irina Gurtueva, and Kantemir Bzhikhatlov. A Simulation Model for the Cognitive Function of Static Objects Recognition Based on Machine-Learning Multi-agent Architectures // Biologically Inspired Cognitive Architectures 2019. Proceedings of the Tenth Annual Meeting of the BICA Society. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol. 948. Pp. 370-379.

REFERENCES

1. Koziol L.F., Budding D.E. Subcortical Structures and Cognition. Implications for Neuropsychological Assessment. Springer, 2009.
2. Alexandrov Yu.I. (ed.). *Osnovy psikhofiziologii* [Fundamentals of Psychophysiology]. М.: InfraM, 1998.
3. Deacon T.W. The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and the Brain. N.Y.: Norton, 1997.
4. Shumsky S.A. *Modelirovaniye protsessa obucheniya yazyku* [Modeling the process of language learning] // Transactions conf. "Nonlinear dynamics in cognitive research", N. Novgorod, 2013. P. 202-203.
5. Bianki V.L. Parallel and sequential information processing in animals as a function of different hemispheres // Neuroscience and Behavioral Physiology. 1984. V. 14 (№6). Pp. 497-501.
6. Goldberg E. *Paradoks mudrosti* [The Paradox of Wisdom]. М.: URSS, 2005. P. 380.
7. Eagleman D. *Mozg: vasha lichnaya istoriya* [Brain: Your personal story]. 2016. P. 270.
8. Shamis A.S. *Puti modelirovaniya myshleniya* [Ways of modeling thinking]. М.: KomKniga, 2006. 224 p.
9. Yakhno V.G. *Problemy na puti konstruirovaniya simulyatora zhivykh sistem* [Problems on the way of designing a simulator of live research]. N. Novgorod, 2011. Pp. 246-249.
10. Samsonovich A. Emotional biologically inspired cognitive architecture // Biologically Inspired Cognitive Architectures. 2013. V. 6. Pp. 109-125.
11. Rabinovich M.I., Muesinglu M.K. *Nelineynaya dinamika mozga: emotsii i intellektual'naya deyatel'nost'* [Nonlinear dynamics of the brain: emotions and intellectual activity] // UFN. 180 (4). Pp. 371-387.
12. Chernavsky D.S. *Sinergetika i informatsiya: dinamicheskaya teoriya informatsii* [Synergetics and Information: A Dynamic Information Theory]. М.: URSS, 2004. 287 p.
13. Chernavskaya O.D., Chernavskii D.S., Karp V.P., Nikitin A.P., Shchepetov D.S. An architecture of thinking system within the Dynamical Theory of Information // Biologically Inspired Cognitive Architecture (BICA), 2013. V. 6. Pp. 147-158.

14. Nagoev Z.V. *Intellect ili myshleniye v zhivykh i iskusstvennykh sistemakh* [Intellect, or thinking in living and artificial systems]. Publishing House KBNTS RAS. Nalchik, 2013. 211 p.

15. Nagoev Z.V. Multiagent recursive cognitive architecture // *Biologically Inspired Cognitive Architectures 2012*, Proceedings of the third annual meeting of the BICA Society, in *Advances in Intelligent Systems and Computing series*, Springer, 2012. Pp. 247-248.

16. Zalimkhan Nagoev, Olga Nagoeva, Inna Pshenokova, Irina Gurtueva Multi-agent Model of Semantics of Simple Extended Sentences Describing Static Scenes // *Interactive Collaborative Robotics. 4th International Conference Proceedings, ICR 2019. Lecture Notes in Artificial Intelligence*. Vol. 11659. Pp. 245-259.

17. Zalimkhan Nagoev, Inna Pshenokova, Irina Gurtueva, and Kantemir Bzhikhatlov A Simulation Model for the Cognitive Function of Static Objects Recognition Based on Machine-Learning Multi-agent Architectures // *Biologically Inspired Cognitive Architectures 2019. Proceedings of the Tenth Annual Meeting of the BICA Society. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Vol. 948. Pp. 370-379.

ALGORITHM FOR MODELING THE COGNITIVE FUNCTION OF THE EMOTIONAL ASSESSMENT OF SITUATIONS BASED ON THE TRAINING OF MULTI-AGENT NEUROCOGNITIVE ARCHITECTURES

I.A. PSHENOKOVA¹, N.A. CHECHENOVA², L.B. KOKOVA²

¹ Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of Federal public budgetary scientific establishment "Federal scientific center
"Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"
360000, KBR, Nalchik, 37-a, I. Armand St.
E-mail: iipru@rambler.ru

² Federal state budgetary scientific establishment "Federal scientific center
"Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"
360002, KBR, Nalchik, 2, Balkarov street
E-mail: cgrkbnrcran@bk.ru

To create a common artificial intelligence, it is necessary to create an apparatus of cognitive function of emotional assessment, which would be a driving force that can initiate, direct and regulate the system. The paper presents an algorithm for modeling the cognitive function of emotional assessment of situations based on the training of multi-agent neurocognitive architectures. A negative emotional assessment of the starting situation mobilizes the system to find the optimal solution to achieve the result, i.e. the desired situation will be formulated in order to avoid getting into a similar situation the next time, which will lead to training by changing knowledge in the conditional part and contractual relations between agents in the cognitive blocks of multi-agent architecture. A positive assessment is accompanied by increased "release" of additional energy to the agents, which leads to the strengthening of ties in the form of contracts that were concluded to achieve the goal in the cognitive blocks of multi-agent architecture.

Keywords: multiagent system, neurocognitive architecture, emotions, intellectual system, cognitive functions.

Работа поступила 10.12.2019 г.