

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБМЕНА ЭНЕРГИЕЙ АГЕНТОВ НЕЙРОКОГНИТИВНОЙ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ\*

К.Ч. БЖИХАТЛОВ, М.А. КАЗАКОВ, А.А. АЙРАН, М.И. АНЧЕКОВ

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

*В статье описана модель энергетических взаимоотношений элементов мультиагентной нейрокогнитивной интеллектуальной системы, используемой как целевая функция, обеспечивающая работу отдельных агентов. Предложена модель расчета энергии каждого агента с учетом полученной в результате работы дополнительной энергии, затрат на выполнение заданий и затрат на обеспечение собственной активности. Кроме того, приведен алгоритм принятия решения агентом о выполнении задания. В алгоритме учитываются возможность выполнения задания, выгода от выполнения задания и степень заинтересованности агента заданием. Кроме того, модель учитывает возможность специализации агентов на разных типах задач и возможность распределения одного задания между несколькими агентами. Применение данной модели позволит задать целевую функцию агентам в мультиагентной системе независимо от их специализации.*

**Ключевые слова:** мультиагентные системы, энергообмен, моделирование.

### ВВЕДЕНИЕ

В процессе моделирования нейрокогнитивных интеллектуальных систем встает вопрос о целевой функции, обеспечивающей работу отдельных агентов, по аналогии с работой нейронов головного мозга [1]. Одной из моделей такой целевой функции является понятие энергии агента, которую необходимо приближать к максимальному значению [2, 3] (или к бесконечности, при отсутствии ограничения на энергию у агента). Здесь источником энергии могут быть как полученные извне награды (задания), так и другие агенты. Соответственно, необходимо разработать модель распределения энергии между агентами.

### МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ АГЕНТАМИ

Общий объем энергии  $E$  агента можно представить как сумму начальной энергии агента ( $E_{start}$ ), энергии, полученной за счет выполнения заданий ( $E_{work}$ ), и энергии, затраченной на поддержку активности агента до текущего момента времени ( $E_{activity}$ ):

$$E = E_{start} + E_{work} + E_{activity}. \quad (1)$$

Энергия, полученная за счет выполнения заданий, представляет собой сумму выгоды от всех выполненных на данный момент заданий. Выгода рассчитывается как энергия вознаграждения за выполнение ( $E_{reward}$ ), за исключением энергии, затраченной на задание ( $E_{expenses}$ ) (2):

$$E_{work} = \sum_{i=1}^n (E_{reward} - E_{expenses}). \quad (2)$$

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

А энергия на поддержку активности агента рассчитывается как произведение потребляемой в единицу времени энергии ( $E_{live}$ ) на время, которое агент был активен ( $t$ ). Причем вклад энергии в поддержку активности агента всегда отрицателен (3):

$$E_{activity} = -E_{live} \cdot t. \quad (3)$$

В общем случае энергия агента выражается уравнением (4):

$$E = E_{start} + \sum_{i=1}^n (E_{reward} - E_{expenses}) - E_{live} \cdot t. \quad (4)$$

При этом алгоритм принятия решения о необходимости выполнить задание должен учитывать ряд факторов. Во-первых, необходимо оценить выгоду от выполнения задания ( $E_{reward} - E_{expenses} > 0$ ). Кроме того, рассчитывается принципиальная возможность выполнения задания (энергии в наличии достаточно для выполнения задания), а также заинтересованность агента в задании (возможно, у агента в наличии и так достаточно энергии). Стоит отметить, что в данной модели рассматривается максимум энергии агента ( $E_{max}$ ) – значение, выше которого агент не может накопить энергию. И если текущее значение энергии близко к максимальному, агент может игнорировать задания. Алгоритм принятия решения о выполнении задания агентом приведен на рис. 1.

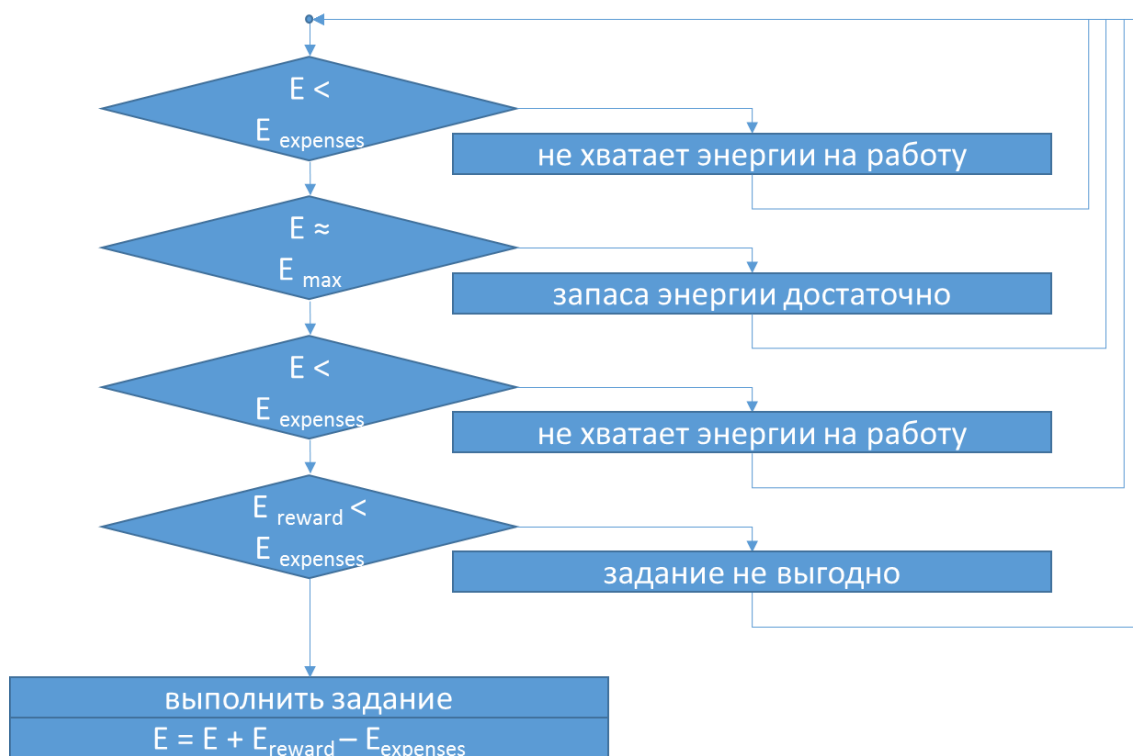


Рис. 1. Алгоритм принятия решения о выполнении задания агентом

Для моделирования специализации агентов в данной модели рассматривается набор разных видов задач. Получаемое агентами задание представляется как набор нескольких задач с заданной сложностью  $K_i$ . Для каждого агента специализация задается в виде набора значений  $\Delta E_i$ , определяющих затраты на выполнение  $i$ -го типа работы при  $K = 1$ . То есть в модели агентов должен существовать массив значений затрат энергии для всех  $n$  видов задач. Если какую-либо  $j$ -ю задачу агент не в состоянии выполнить, то  $\Delta E_j = \infty$ . В

этом случае затраченную энергию можно определить, как сумму произведений затрат на сложность для каждого вида задач (5):

$$E_{\text{expenses}} = \sum_{i=1}^n \Delta E_i \cdot K_i . \quad (5)$$

Для выполнения некоторых задач необходима реализация совместной работы агентов над задачей. В этом случае возможно перепоручение части задания агенту, у которого затраты на выполнение задачи меньше, чем у текущего агента (6):

$$E_{\text{expenses}} = \sum_{i=1}^n \begin{cases} \Delta E_i \cdot K_i, & \Delta E_i \leq \Delta E_i^{\text{other}} \\ \Delta E_i^{\text{other}} \cdot K_i, & \Delta E_i > \Delta E_i^{\text{other}} \end{cases} . \quad (6)$$

Здесь  $\Delta E_i^{\text{other}}$  – энергия, необходимая другому агенту на выполнение задания  $i$ -го типа. То есть при идеальном распределении заданий необходимо провести перебор всех типов работы и всех групп агентов и найти для каждой  $i$ -й работы наиболее эффективного агента с наименьшим значением  $\Delta E_i$ . Алгоритм такого распределения приведен на рис. 2.

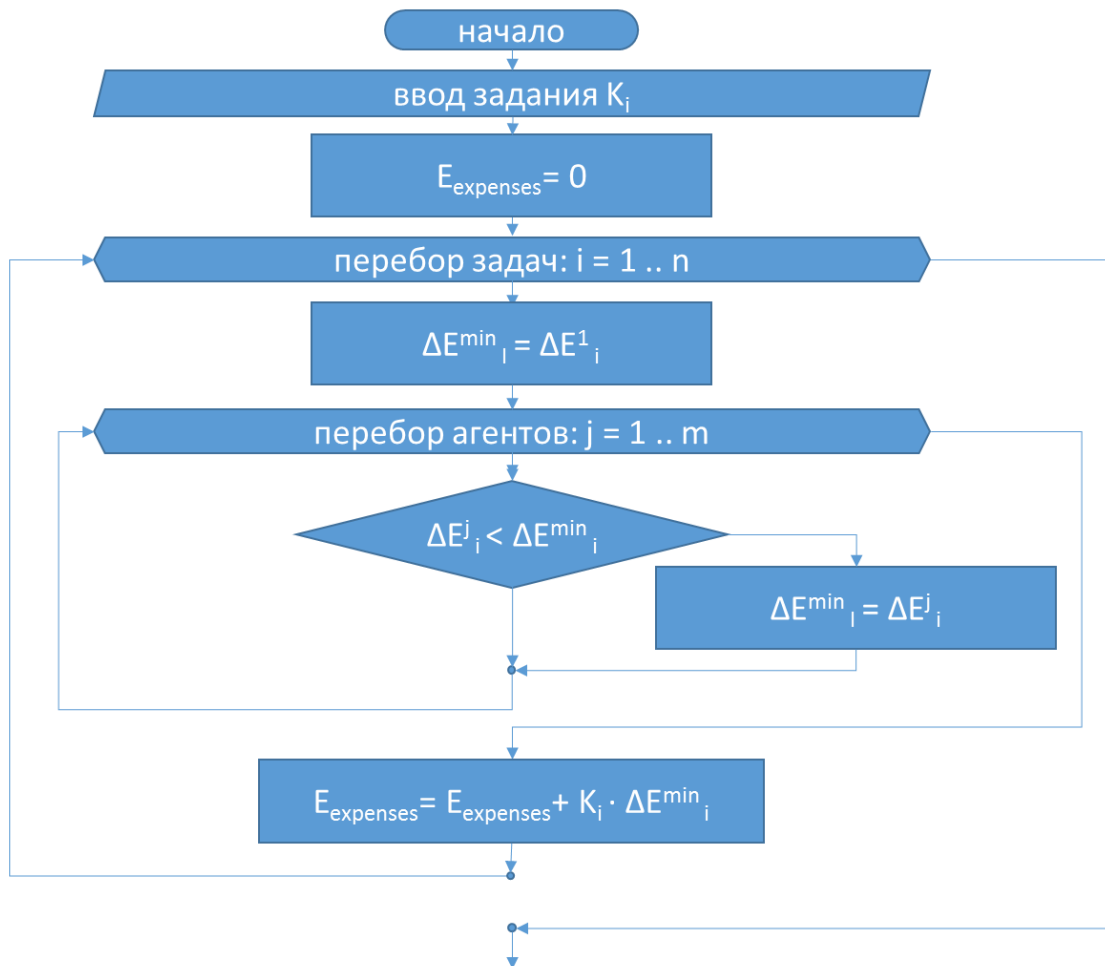
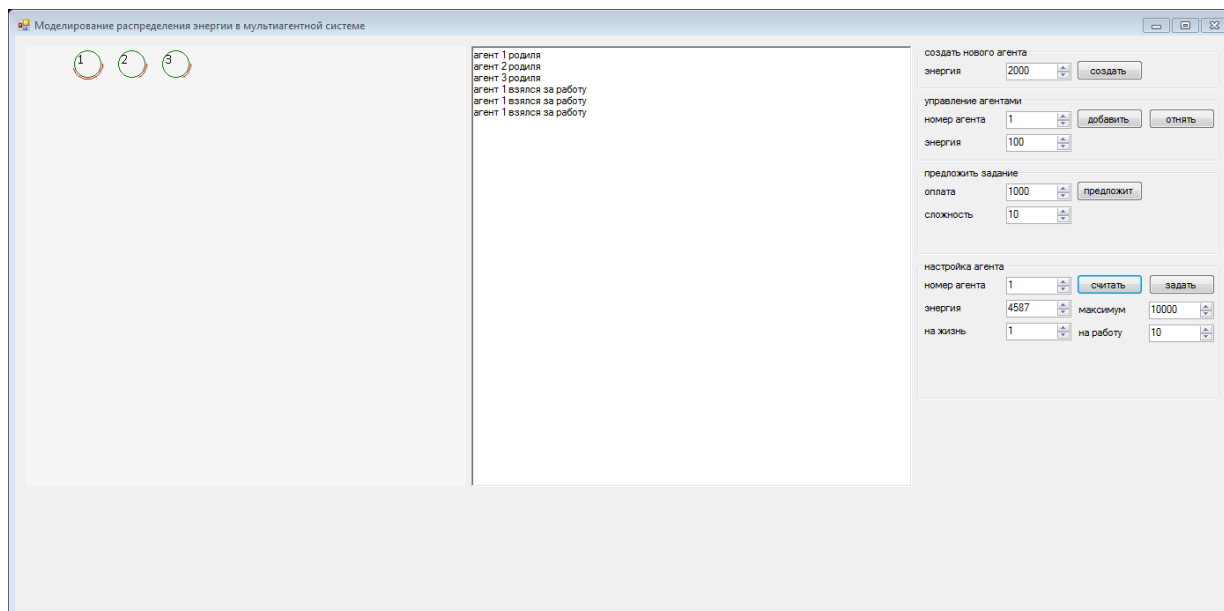


Рис. 2. Алгоритм идеального распределения задания по агентам

В этом случае затраченная энергия будет наименьшей для данной системы, то есть этот алгоритм описывает наиболее эффективное распределение работы. При таком варианте возможно равномерное распределение выгоды ( $E_{\text{reward}}$ ) между участвовавшими агентами пропорционально затраченной энергии ( $K_i \cdot \Delta E^{\text{min}}_i$ ).

### КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АГЕНТОВ

Процесс распределения энергии между агентами на базе алгоритма, приведенного на рис.1, был смоделирован в разработанной программе. Внешний вид программы приведен на рис. 3. На окне приложения есть области для графического вывода состояния энергии агентов, тестовое поле для вывода событий, произошедших с агентами, и область управления агентами. Реализованы возможности создания агентов с заданными энергетическими характеристиками и выдачи задания для агентов.



**Рис. 3.** Программа для моделирования энергетического взаимодействия агентов в мультиагентной нейрокогнитивной интеллектуальной системе

В программе был смоделирован ряд вариантов распределения энергии между агентами. При этом по логике алгоритма, приведенного на рис. 1, часть агентов погибает от недостатка энергии. Такой результат вызван тем, что в основном за выполнение заданий брался только первый агент, а при заполнении энергии у первого агента – второй. Остальные агенты в данном случае не выполняли задания, поскольку опрос агентов шел по порядку. Соответственно встает необходимость добавления дополнительного параметра, характеризующего заинтересованность агента в задании. Заинтересованность должна отражать выгоду агента от выполнения задания и необходимость энергии для агента. Например, коэффициент заинтересованности ( $I$ ) можно представить в виде (7):

$$I = (E_{reward} - E_{expenses}) \cdot \frac{E_{max}}{E} . \quad (7)$$

В таком случае за задание берутся агенты с максимальным значением  $I$ , то есть агенты с наименьшим значением собственной энергии и максимальным значением выгоды от задания.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная система распределения энергии между агентами мультиагентной системы позволяет учитывать получаемую за выполнение работы энергию, расходы на выполнение работы и на поддержание активности агента. При этом использование возможности перераспределения задания между агентами и введение коэффициента заинтересованности позволит более равномерно распределять задания и энергию между агентами. Данная модель предназначена для введения «мотиваторов» работы агентов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шумилов В.Н. Принципы функционирования мозга. 2-е изд., перераб. и доп. / отв. ред. В.И. Соломонов. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2015. 188 с.
2. Нагоев З.В., Нагоева О.В., Пшенокова И.А. Мультиагентные нейрокогнитивные модели семантики пространственной локализации событий // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2019. № 2 (88). С. 11-23.
3. Нагоев З.В. Интеллектика, или Мышление в живых и искусственных системах. Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2013. 211 с.

## REFERENCES

1. Shumilov V.N. *Printsipy funktsionirovaniya mozga* [The principles of the functioning of the brain]. 2nd ed., Rev. and add. / holes ed. V.I. Solomonov. *Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta*, 2015. 188 p.
2. Nagoyev Z.V., Nagoyeva O.V., Pshenokova I.A. *Mul'tiagentnyye neyrokognitivnyye modeli semantiki prostranstvennoy lokalizatsii sobytiy* [Multiagent neurocognitive models of the semantics of spatial localization of events] // *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* [News of KBSC RAS]. № 2 (88). 2019. Pp. 11-23.
3. Nagoev Z.V. *Intellektika, ili Myshlenie v zhivykh i iskusstvennykh sistemakh* [Intellectics, or thinking in natural and artificial systems]. *Nal'chik: Izdatel'stvo KBNTS RAN* [KBSC RAS Publishing house]. 2013. 211 p.

## MODELING THE ENERGY EXCHANGE OF AGENTS OF A NEUROCOGNITIVE INTELLECTUAL SYSTEM

**K.CH. BZHIKHATLOV, M.A. KAZAKOV, A.A. AYRAN, M.I. ANCHEKOV**

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: cgrkbncran@bk.ru

*The article describes a model of energy relationships between elements of a multiagent neurocognitive intellectual system, used as a target function that ensures the work of individual agents. A model for calculating the energy of each agent is proposed taking into account the energy obtained as a result of work, the costs of completing tasks, and the costs of ensuring one's own activity. In addition, an algorithm for making an agent's decision to complete a task is presented. The algorithm takes into account the ability to complete the task, the benefits of the task and the degree of interest of the agent task. In addition, the model takes into account the possibility of specialization of agents on different types of tasks and the possibility of distributing one task between several agents. Application of this model will allow setting the target function for agents in a multi-agent system, regardless of their specialization.*

**Keywords:** multi-agent systems, energy exchange, modeling.

*Работа поступила 06.12.2019 г.*