

Модель энергообмена между агнейронами в составе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры

И. А. Пшенокова, А. З. Апшев

Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

Аннотация. В последние годы распределенный искусственный интеллект привлек внимание академических кругов из-за его способности решать сложные вычислительные задачи. Основным направлением данной статьи являются мультиагентные системы. Гибкость мультиагентных систем делает их подходящими для решения задач в различных дисциплинах, включая информатику, экономику, гражданское строительство и др. Целью настоящего исследования является построение имитационной модели энергообмена между агентами в интеллектуальной системе принятия решений на основе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры. Объектом исследования является процесс энергообмена в нейронной структуре головного мозга. В работе предлагается модель энергообмена между агнейронами в составе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры интеллектуального агента. Предлагаемый формализм основан на нейрофункциональном сходстве агнейронов интеллектуального агента с нейронами человеческого мозга. Рассматривается процесс обмена и потребления энергии нейронами мозга в процессе выполнения когнитивных функций. В частности, работа сочетает в себе знания, полученные в результате изучения митохондриальной функции и метаболической энергии мозга. Представлен формализм для расчета энергии агнейронов и акторов на разных уровнях инварианта мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры интеллектуального агента. Дальнейшая работа будет заключаться в тестировании представленной архитектуры в разрабатываемой программе имитационного моделирования.

Ключевые слова: интеллектуальный агент, мультиагентные системы, когнитивная архитектура, системы принятия решений и управления

REFERENCES

1. Dorri A., Kanhere S., Jurdak R. Multi-agent systems: A Survey. *IEEE Access*. 2018. Vol. 6. Pp. 28573–28593. DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2831228.
2. Bond A., Gasser L. Readings in distributed artificial intelligence. San Mateo, CA, USA: Morgan Kaufmann, 2014. 668 p.
3. Wooldridge M. An Introduction to multiagent systems. New York, NY, USA: Wiley, 2009. 488 p.
4. Shamshirband S., Anuar N., Kiah M., Patel A. An appraisal and design of a multi-agent system based cooperative wireless intrusion detection computational intelligence technique. *Eng. Appl. Artif. Intell.* 2013. Vol. 26. Pp. 2105–2127. DOI:10.1016/j.engappai.2013.04.010.
5. Zou A.-M., Kumar K., Hou Z.-G. Distributed consensus control for multi-agent systems using terminal sliding mode and Chebyshev neural networks. *Int. J. Robust Nonlinear Control*. 2013. Vol. 23(3). Pp. 334–357. DOI:10.1002/rnc.1829.
6. Calvaresi D. et al. Real-time multi-agent systems: rationality, formal model, and empirical results. *Autonomous agents and multi-agent systems*. 2021. Vol. 35(1). P. 12. DOI: 10.1007/s10458-020-09492-5.
7. Zhang D. et al. Physical safety and cyber security analysis of multi-agent systems: A survey of recent advances. *IEEE/CAA Journal of automatica sinica*. 2021. Vol. 8(2). Pp. 319–333. DOI:10.1109/JAS.2021.1003820.
8. Rezaee H., Abdollahi F. Average consensus over high-order multiagent systems. *IEEE Trans. autom. control*. 2015. Vol. 60(11). Pp. 3047–3052. DOI:10.1109/TAC.2015.2408576.

9. Ma L., Min H., Wang S. et al. An overview of research in distributed attitude coordination control. *IEEE/CAA J. autom. sinica*. 2015. Vol. 2(2). Pp. 121–133.
10. Nagoev Z., Pshenokova I., Nagoeva O. et al. Learning algorithm for an intelligent decision making system based on multi-agent neurocognitive architectures. *Cognitive systems research*. 2021. Vol. 66. Pp. 82–88. DOI: 10.1016/j.cogsys.2020.10.015
11. *Нагоев З. В.* Интеллектика, или мышление в живых и искусственных системах // Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2013. 213 с.
- Nagoev Z.V. *Intellektika, ili myshlenie v zhivyykh i iskusstvennykh sistemakh* [Intellectics, or thinking in natural and artificial systems]. Nal'chik: Izdatel'stvo KBNTS RAN, 2013. 211 p.
12. *Нагоев З. В.* Мультиагентные экзистенциальные отображения и функции // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2013. № 4 (54). С. 63–71.
- Nagoev Z.V. Multi-agent existential mappings and functions. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2013. No. 4(54). Pp. 63–71.
13. Nagoev Z., Pshenokova I., Nagoeva O. et al. Situational analysis model in an intelligent system based on multi-agent neurocognitive architectures. *Journal of Physics: Conference Series*. 2131 (2021) 022103. DOI:10.1088/1742-6596/2131/2/022103.
14. Picard M., McEwen B.S. Mitochondria impact brain function and cognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014. Vol. 111. No. 1. Pp. 7–8.
15. Wallace D.C. Bioenergetics, the origins of complexity, and the ascent of man. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010. Vol. 107. No. supplement_2. Pp. 8947–8953.
16. Chan D.C. Fusion and fission: interlinked processes critical for mitochondrial health. *Annual Review of genetics*. 2012. Vol. 46. Pp. 265–287.
17. *Пшенокова И. А., Нагоева О. В., Апшев А. З. и др.* Формирование динамических причинно-следственных зависимостей при управлении поведением интеллектуального агента на основе формализма мультиагентных нейрокогнитивных архитектур // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 5(109). С. 73–80. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-5-109-73-80.
- Pshenokova I.A., Nagoeva O.V., Apshev A.Z. et al. Formation of dynamic cause-and-effect relationships in controlling the behavior of an intelligent agent based on the formalism of multi-agent neurocognitive architectures. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2022. No. 5 (109). Pp. 73–80. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-5-109-73-80.
18. Raichle M.E., Gusnard D.A. Appraising the brain's energy budget. *PNAS*. 2002. Vol. 99(16). Pp. 10237–10239. DOI: 10.1073/pnas.172399499.
19. Bruckmaier M., Tachtsidis I., Phan P. et al. Attention and Capacity Limits in Perception: A Cellular Metabolism Account. *Journal of Neuroscience*. 2020. Vol. 40 (35). Pp. 6801–6811. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2368-19.2020.

Информация об авторах

Пшенокова Инна Ауесовна, канд. физ.-мат. наук, зав. лаб., Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;
pshenokova_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>

Апшев Артур Заурбиевич, стажер-исследователь, Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;
apshev@mail.ru