

## Мультиагентная нейрокогнитивная модель системы управления согласованным поведением коллектива автономных агентов

И. А. Пшенокова<sup>✉2</sup>, С. А. Канкулов<sup>1</sup>, Б. А. Аталиков<sup>1</sup>, А. З. Энес<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук  
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

<sup>2</sup>Институт информатики и проблем регионального управления –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

**Аннотация.** Основная цель исследования состоит в разработке децентрализованной системы управления согласованным поведением коллектива автономных агентов на основе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры. Задача разработки децентрализованной системы управления решается на основе самоорганизации мультиагентных нейрокогнитивных архитектур автономных агентов в составе единой когнитивной архитектуры и формирования общего графа миссии. Вершинами графа будут сложные состояния, представляющие собой объединения состояний всех агентов в составе коллектива, а дугами – совокупности действий участников коллектива, ведущие из одних сложных состояний в другие. Представленная модель позволит создавать децентрализованные, гибкие и масштабируемые системы управления коллективом интеллектуальных агентов для решения сложных задач и может применяться в робототехнике.

**Ключевые слова:** система управления, мультиагентные системы, децентрализованные системы, интеллектуальный агент

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Li Q., Gama F., Ribeiro A., Prorok A. Graph neural networks for decentralized multi-robot path planning. *IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems (IROS)*. 2020. Pp. 11785–11792. DOI: [10.1109/iros45743.2020.9341668](https://doi.org/10.1109/iros45743.2020.9341668)
2. Desaraju V., How J. Decentralized path planning for multi-agent teams with complex constraints. *Autonomous Robots*, 2012. No. 32(4). Pp. 385–403. DOI: [10.1007/s10514-012-9275-2](https://doi.org/10.1007/s10514-012-9275-2)
3. Patwardhan A., Murai R., Davison A.J. Distributing collaborative multi-robot planning with gaussian belief propagation. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2023. No. 8(2). Pp. 552–559. DOI: [10.1109/LRA.2022.3227858](https://doi.org/10.1109/LRA.2022.3227858)
4. Sharon G., Stern, R., Felner A., Sturtevant N.R. Conflict-based search for optimal multi-agent pathfinding. *Artificial Intelligence*, 2012. 219. Pp. 40–66. DOI: [10.1016/j.artint.2014.11.006](https://doi.org/10.1016/j.artint.2014.11.006)
5. Gulati R., Wohlgezogen F., Zhelyazkov P. The two facets of collaboration: Cooperation and coordination in strategic alliances. *Academy of Management Annals*. 2012. No. 6(1). Pp. 531–583.
6. Lumineau F., Wang W., Schilke O. Blockchain governance – A new way of organizing collaborations? *Organization Science*. 2021. No. 32(2). Pp. 500–521. DOI: [10.1287/orsc.2020.1379](https://doi.org/10.1287/orsc.2020.1379)
7. Fragapane G., de Koster R., Sgarbossa F., Strandhagen J. Planning and control of autonomous mobile robots for intralogistics: Literature review and research agenda. *European Journal of Operational Research*. 2021. Vol. 294 (2). Pp. 405–426. DOI: [10.1016/j.ejor.2021.01.019](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.01.019)

8. Turner J., Meng G., Schaefer G. et al. Distributed task rescheduling with time constraints for the optimization of total task allocations in a multirobot system. *IEEE transactions on cybernetics*. 2017. 48(9). Pp. 2583–2597. DOI: 10.1109/TCYB.2017.2743164
9. Mkiramweni M.E. et al. A survey of game theory in unmanned aerial vehicles communications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2019. 21(4). Pp. 3386–3416.
10. Zhu X., Vanegas F., Gonzalez F. Decentralised multi-UAV cooperative searching multi-target in cluttered and GPS-denied environments. *2022 IEEE Aerospace Conference (AERO)*. IEEE, 2022. Pp. 1–10.
11. Tkach I., Blackwell T. On the Optimization of systems using AI metaheuristics and evolutionary algorithms. *International Conference on Production Research*. Cham: Springer International Publishing, 2021. Pp. 253–271.
12. Keskin M.O., Cantürk F., Eran C. et al. Decentralized multi-agent path finding framework and strategies based on automated negotiation. *Auton Agent Multi-Agent Syst*. 2024. Vol. 38. No. 10. DOI: [10.1007/s10458-024-09639-8](https://doi.org/10.1007/s10458-024-09639-8)
13. Пшенокова И. А., Апшев А. З. Модель энергообмена между агнейронами в составе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 5(115). С. 32–40. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-32-40
- Pshenokova I.A., Apshev A.Z. Energy exchange model among agneurons as part of multi-agent neurocognitive architecture. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2023. No. 5(115). Pp. 32–40. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-32-40. (In Russian)
14. Nagoev Z., Pshenokova I., Nagoeva O., Kankulov S. Situational analysis model in an intelligent system based on multi-agent neurocognitive architectures. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 2131. Article No. 022103. DOI: 10.1088/1742-6596/2131/2/022103
15. Pshenokova I., Bzhikhatlov K., Kankulov S. et al. Simulation model of the neurocognitive system controlling an intellectual agent displaying exploratory behavior in the real world. In: Alexei V. Samsonovich. Tingting Liu Proceedings of the 14<sup>th</sup> Annual Meeting of the BICA Society. BICA 2023. Studies in Computational Intelligence (SCI). Vol. 1130. DOI: 10.1007/978-3-031-50381-8\_76

### **Информация об авторах**

**Пшенокова Инна Ауесовна**, канд. физ.-мат. наук, зав. лаб. «Интеллектуальные среды обитания», 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](mailto:pshenokova_inna@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>, SPIN-код: 3535-2963

**Канкулов Султан Ахмедович**, мл. науч. сотр. лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

[skankulov@mail.ru](mailto:skankulov@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-7376>, SPIN-код: 4342-5381

**Аталиков Борис Анзорович**, мл. науч. сотр. лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

[atalikov10@gmail.com](mailto:atalikov10@gmail.com)

**Энес Ахмед Зюлфикар**, мл. науч. сотр. лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;  
[ahmedenes@mail.ru](mailto:ahmedenes@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3633-4910>, SPIN-код: 3643-1808