

Моделирование группового управления сельскохозяйственными роботами с использованием конечных автоматов и онтологий

М. А. Шереужев¹, Ф. В. Девяткин¹, Д. И. Арабаджиев¹, М. А. Шереужев^{2,3}

¹Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
105005, Россия, Москва, 2-я Бауманская улица, 5

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

³Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова
360030, Россия, г. Нальчик, пр. Ленина, 1в

Аннотация. В статье рассмотрен способ моделирования работы системы управления группой роботов. Предложена база знаний системы группового управления, представленная в виде онтологии. Описаны конечные автоматы ведущего и ведомого роботов. Рассмотрен алгоритм назначения задач отдельным роботам и сконфигурированы инструменты моделирования управления движением и распределением задач для обеспечения единой программной среды моделирования группового управления. Рассмотрен венгерский алгоритм в контексте назначения задач отдельным роботам, для оценки путей движения использовался планировщик A* (Astar). Сконфигурированы инструменты моделирования управления движением и распределением задач для обеспечения единой программной среды моделирования группового управления. Полученные результаты применимы в задачах оптимизации взаимодействия многоагентных систем.

Ключевые слова: групповое управление, онтология, робототехническая система, конечный автомат

Поступила 24.11.2023, одобрена после рецензирования 04.12.2023, принята к публикации 08.12.2023

Для цитирования. Шереужев М. А., Девяткин Ф. В., Арабаджиев Д. И., Шереужев М. А. Моделирование группового управления сельскохозяйственными роботами с использованием конечных автоматов и онтологий // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 6(116). С. 247–263. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-247-263

REFERENCES

1. Нагоев З. В., Шуганов В. М., Бжихатлов К. Ч. и др. Перспективы повышения производительности и эффективности сельскохозяйственного производства с применением интеллектуальной интегрированной среды // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 6(104). С. 155–165.

Nagoev Z.V., Shuganov V.M., Bzhikhatlov K.Ch. et al. Prospects for increasing the productivity and efficiency of agricultural production using an intelligent integrated environment. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2021. No. 6(104). Pp. 155–165. (In Russian)

2. Зенкевич С. Л., Чжу Хуа, Хо Цзяньвень, Движение группы мобильных роботов в строю типа «конвой» – теория, моделирование и эксперимент // IV Всероссийский научно-практический семинар «Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта», 5–6 октября 2017 г., Казань: труды семинара, под ред. Е. А. Магида, В. Е. Павловского, К. С. Яковлева. Казань: ЦИТ, 2017. С. 136–147.

Zenkevich S.L., Zhu Hua, Ho Jianwen. *Dvizhenie gruppy mobil'nyh robotov v stroju tipa*

«konvoj» – teoriya, modelirovanie i eksperiment [Movement of a group of mobile robots in a convoy-type formation – theory, modeling and experiment]. *IV Vserossiyskiy nauchno-prakticheskiy seminar «Bespilotnyye transportnyye sredstva s elementami iskusstvennogo intellekta», 5–6.10.2017, Kazan: trudy seminara, eds. E.A. Magid, V.E. Pavlovsky, K.S. Yakovlev.* Kazan: Tsentr innovatsionnykh tekhnologiy, 2017. Pp. 136–147. (In Russian)

3. Shereuzhev M., Mostakov N., Vorotnikov S. Development of the Elements of a Control System for a Mobile Agricultural Robot Operating in a Group. *Modeling in Engineering.* Moscow, 2021. С. 11–18.

4. Назоев З. В., Назоева О. В. Извлечение знаний из многомодальных потоков неструктурированных данных на основе самоорганизации мультиагентной когнитивной архитектуры мобильного робота // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2015. № 6(68). Т. 2. С. 145–152.

Nagoev Z.V., Nagoeva O.V. Extracting knowledge from multimodal streams of unstructured data based on the self-organization of a multi-agent cognitive architecture of a mobile robot. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2015. No. 6–2(68). Pp. 145–152. (In Russian)

5. Nazarova A.V., Huo J., Zenkevich S.L. Dynamic switching of multi-agent formation in unknown obstacle environment. *Studies in systems, decision and control.* 2020. No. 261. Pp. 73–87.

6. Носков В. П., Рубцов И. В. Опыт решения задачи автономного управления движением мобильных роботов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. № 12. С. 21–24.

Noskov V.P., Rubtsov I.V. Experience in solving the problem of autonomous control of the movement of mobile robots. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravleniye* [Mechatronics, automation, control]. 2005. No. 12. Pp. 21–24. (In Russian)

7. Hohimer C. Design and Field Evaluation of a Robotic Apple Harvesting System with a 3D-Printed Soft-Robotic End-Effector. *Transactions of the ASABE.* 2019. No. 62. Pp. 405–414. DOI: 10.13031/trans.12986.

8. Yang S.H., Lai W.H. Multi-robot task allocation with fuzzy constraint satisfaction. *International Journal of Advanced Robotic Systems.* 2012. No. 9(3). Pp. 107–116.

9. Julian B.J., Gerkey B.P. Scalable multirobot task allocation for complex missions. *Proceedings of the International Conference on Intelligent Robots and Systems.* 2007. Pp. 2730–2736.

10. Lacroix S., Nourbakhsh I.R., Tomatis N. Multi-robot task allocation in uncertain environments using negotiation. *Robotics and Autonomous Systems.* 2001. No. 37(2–3). Pp. 163–179.

11. Shi Z., Yu H., Zhang Q., Cheng Y. A hybrid algorithm for task allocation in multi-robot systems based on improved Hungarian algorithm and particle swarm optimization. *International Journal of Advanced Robotic Systems.* 2015. No. 12(8). Pp. 1–13.

12. Martinelli S., Giordani M., Lujak F. A Distributed Algorithm for the Multi-Robot Task Allocation Problem. IEA/AIE 2010: *Trends in Applied Intelligent Systems.* Cordoba, Spain: Springer, 2010.

13. Галин Р. Р. Виртуальный полигон для эффективного взаимодействия роботов в многоагентной робототехнической системе // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2018. № 6–2(86). С. 108–113.

Galín R.R. Virtual training ground for effective interaction of robots in a multi-agent robotic system. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2018. No. 6–2(86). Pp. 108–113. (In Russian)

14. Shamshiri R.R., Hameed I.A., Karkee M., Weltzien C. Robotic Harvesting of Fruiting

Vegetables: A Simulation Approach in V-REP, ROS and MATLAB. Automation in Agriculture – Securing Food Supplies for Future Generations. 2018. URL: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.73861> (access date: 15.08.2019).

Информация об авторах

Шереужев Мадин Артурович, ст. преподаватель кафедры «Робототехнические системы и мехатроника», Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана; 105005, Россия, Москва, 2-я Бауманская улица, 5, корп. 1; shereuzhev@bmstu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2352-992X>

Арабаджиев Денис Игоревич, студент-магистр кафедры «Робототехнические системы и мехатроника», Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана; 105005, Россия, Москва, 2-я Бауманская улица, 5, корп. 1; arabadzhievdi@student.bmstu.ru

Девяткин Федор Владимирович, студент-магистр кафедры «Робототехнические системы и мехатроника», Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана; 105005, Россия, Москва, 2-я Бауманская улица, 5, корп. 1; feodor-dev@ya.ru

Шереужев Марат Артурович, аспирант кафедры «Агрономия», Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова; 360030, Россия, г. Нальчик, пр-т Ленина, 1в; стажер-исследователь лаборатории «Интеллектуальные среды обитания», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН; 360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а; marat.shereuzhev07@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7368-4691>