

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАДАЧ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

В.И. ПЕТРЕНКО

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»
355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1
E-mail: info@ncfu.ru

С появлением глубокого одноагентного обучения с подкреплением (ООП) мультиагентное обучение с подкреплением (МОП) получило новый толчок к развитию в виде глубокого МОП (ГМОП). Активное развитие методов данной области в течение последних нескольких лет актуализирует вопросы их систематизации и классификации. Существующие работы в качестве признаков классификации используют механизмы, применяемые в соответствующих методах ГМОП. Однако применимость того или иного метода определяется не только классом метода, но и классом задачи МОП. Целью данной работы являются формализация и классификация задач МОП. Для достижения цели выполнены математическая формализация и обобщение существующих классификаций задач ООП. Рассмотрены и математически формализованы особенности, возникающие при переходе от задачи ООП к задаче МОП. Выделены существенные признаки и выполнена классификация задач МОП на основе теоретико-множественного подхода. Использование теоретико-множественного подхода позволило выявить классы задач МОП, обобщаемые в других подобных работах, однако обладающие специфическими свойствами, что может быть использовано при разработке более эффективных методов решения таких задач МОП. Ожидается, что предложенные формализм и классификация задач МОП будут полезны исследователям в качестве инструмента постановки задачи и определения места исследования в общей структуре методов и задач МОП, а также разработчикам для обоснованного выбора методов МОП на основе класса решаемой задачи.

Ключевые слова: мультиагентное обучение с подкреплением, мультиагентные системы, классификация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mnih V. et al. Human-level control through deep reinforcement learning // Nature. Nature Publishing Group, 2015. Vol. 518. № 7540. P. 529–533.
2. Petrenko V.I., Tebueva F.B., Ryabtsev S.S., Gurchinsky M.M., Struchkov I. V. Consensus achievement method for a robotic swarm about the most frequently feature of an environment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 919, № 4.
3. Kovács G., Yussupova N., Rizvanov D. Resource management simulation using multi-agent approach and semantic constraints // Pollack Period. 2017. Vol. 12, № 1.
4. Пшихонов В.Х., Медведев М.Ю. Групповое управление движением мобильных роботов в неопределенной среде с использованием неустойчивых режимов // Труды СПИИРАН. 2018. Том 60. № 5. С. 39–63.
5. Тугенгольд А.К., Лукьянов Е.А. Интеллектуальные функции и управление автономными технологическими мехатронными объектами. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2013. 203 с.
6. Mironov K. V., Pongratz M. U. Applying neural networks for prediction of flying objects trajectory // Vestn. UGATU. 2013. № 6.
7. Даринцев О.В., Мигранов А.Б. Распределенная система управления группами мобильных роботов // Вестник УГАТУ. 2017. Том 2 № 76.

8. *Петренко В.И., Тебуева Ф.Б., Гурчинский М.М., Рябцев С.С.* Анализ технологий обеспечения информационной безопасности мультиагентных робототехнических систем с роевым интеллектом // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 4 (106). С. 96–99.
9. *Yusupova N., Rizvanov D., Andrushko D.* Cyber-Physical Systems and Reliability Issues // Proceedings of the 8th Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2020). Atlantis Press, 2020. P. 133–137.
10. *Lowe R. et al.* Multi-agent actor-critic for mixed cooperative-competitive environments // Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. Vol. 2017-December.
11. *Wang H., Liu Z., Yi J., Pu Z.* Multiagent hierarchical cognition difference policy for multiagent cooperation // Algorithms. 2021. Vol. 14. № 3.
12. *Silva F.L. Da, Nishida C.E.H., Roijers D.M., Costa A.H.R.* Coordination of Electric Vehicle Charging through Multiagent Reinforcement Learning // IEEE Trans. Smart Grid. 2020. Vol. 11. № 3.
13. *Cui J., Liu Y., Nallanathan A.* Multi-Agent Reinforcement Learning-Based Resource Allocation for UAV Networks // IEEE Trans. Wirel. Commun. 2020. Vol. 19. № 2.
14. *Shamsoshoara A., Khaledi M., Afghah F., Razi A., Ashdown J.* Distributed cooperative spectrum sharing in UAV networks using multi-agent reinforcement learning // arXiv. 2018.
15. *Qie H. et al.* Joint Optimization of Multi-UAV Target Assignment and Path Planning Based on Multi-Agent Reinforcement Learning // IEEE Access. 2019. Vol. 7.
16. *Fang X. et al.* Multi-agent reinforcement learning approach for residential microgrid energy scheduling // Energies. 2019. Vol. 13. № 1.
17. *Пушенокова И.А., Сундуков З.А.* Разработка имитационной модели сценарного прогнозирования поведения интеллектуального агента на основе инварианта рекурсивной мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 6(98). С. 80–90.
18. *Пушенокова И.А., Нагоева О.В., Гуртуева И.А., Айран А.А.* Алгоритм обучения интеллектуальной системы принятия решений на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 3(95). С. 23–31.
19. *Hernandez-Leal P., Kartal B., Taylor M.E.* A survey and critique of multiagent deep reinforcement learning // Auton. Agent. Multi. Agent. Syst. 2019. Vol. 33. № 6.
20. *Buşoniu L., Babuška R., De Schutter B.* A comprehensive survey of multiagent reinforcement learning // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews. 2008. Vol. 38. № 2.
21. *Hernandez-Leal P., Kaisers M., Baarslag T., De Cote E.M.* A survey of learning in multiagent environments: Dealing with non-stationarity // arXiv. 2017.
22. *Zhang K., Yang Z., Başar T.* Multi-agent reinforcement learning: A selective overview of theories and algorithms // arXiv. 2019.
23. *Hao J., Huang D., Cai Y., Leung H. fung.* The dynamics of reinforcement social learning in networked cooperative multiagent systems // Eng. Appl. Artif. Intell. 2017. Vol. 58.
24. *Da Silva F.L., Reali Costa A.H.* A survey on transfer learning for multiagent reinforcement learning systems // J. Artif. Intell. Res. 2019. Vol. 64.
25. *Nguyen T.T., Nguyen N.D., Nahavandi S.* Deep Reinforcement Learning for Multiagent Systems: A Review of Challenges, Solutions, and Applications // IEEE Trans. Cybern. 2020. Vol. 50. № 9.
26. *Yang Y. et al.* Q-value path decomposition for deep multiagent reinforcement learning // arXiv. 2020.
27. *Shamsoshoara A., Khaledi M., Afghah F., Razi A., Ashdown J.* Distributed Cooperative Spectrum Sharing in UAV Networks Using Multi-Agent Reinforcement Learning // 2019 16th IEEE Annual Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2019. 2019.
28. *Tuyls K., Weiss G.* Multiagent learning: Basics, challenges, and prospects // AI Magazine. 2012. Vol. 33. № 3.

29. *Matignon L., Laurent G.J., Le Fort-Piat N.* Independent reinforcement learners in cooperative Markov games: A survey regarding coordination problems // *Knowledge Engineering Review*. 2012. Vol. 27. № 1.

30. *Littman M.L.* Markov games as a framework for multi-agent reinforcement learning Michael // *Thromb. Res.* 2007. Vol. 120. № 1.

31. *Tampuu A. et al.* Multiagent cooperation and competition with deep reinforcement learning // *PLoS One*. 2017. Vol. 12. № 4.

Сведения об авторе:

Петренко Вячеслав Иванович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой организации и технологии защиты информации Северо-Кавказского федерального университета.

355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1.

E-mail: vip.petrenko@gmail.com.