

chgate.net/publication/382805856_Machine_Learning_Algorithms_for_Predictive_Maintenance_in_Manufacturing.

Застосування мультиагентного навчання з підкріпленням для адаптивного розподілу ресурсів у мережах із самоорганізацією

Слюсар В.І., Налапко О.Л.

Центральний науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки ЗСУ

Вимоги до мереж майбутнього (напр., 6G) створюють безпрецедентні виклики до гнучкості та надійності управління ресурсами [1]. Мережі із самоорганізацією (SON) є ключовою парадигмою автоматизації. Проте в складних антагоністичних середовищах виникають фундаментальні проблеми нестанціонарності та масштабованості [1], що робить традиційні біоінспіровані методи оптимізації недостатньо адаптивними.

Метою є представлення методу інтелектуального управління на основі федеративного мультиагентного навчання з підкріпленням (Fed-MARL). На відміну від класичних MARL, цей метод використовує парадигму федеративного навчання [2]: агенти (вузли) навчаються локально, обмінюючись лише оновленнями моделей. Це знижує комунікаційні витрати та підвищує безпеку, що критично для тактичних мереж [3]. Для боротьби з нестанціонарністю та вирішення багатоцільових завдань пропонується ієрархічна структура MARL [2].

Запропоновано ієрархічний Fed-MARL метод. Верхній рівень (стратегічний) оптимізує загальномережеві цілі, встановлюючи їх для нижнього рівня (тактичного). Агенти нижнього рівня децентралізовано оптимізують локальні

дії, адаптуючись до миттєвих змін, напр., в електромагнітній обстановці. Це дозволяє системі автономно вивчати кооперативні стратегії та забезпечувати QoS в умовах динамічних загроз (включно з інтелектуальним придушенням) [2].

Інтеграція Fed-MARL та ієрархічних архітектур є кроком до створення автономних і стійких систем управління, що вирішує проблеми масштабованості та нестационарності. Це забезпечує оперативність та завадозахищеність SON. Подальша верифікація методу буде проводитись на офлайн-наборах даних [4], згенерованих моделлю “цифрового двійника”.

Список використаних джерел:

1. Multi-Agent Reinforcement Learning in Wireless Distributed Networks for 6G / Liu Y., L. D. et al. // arXiv. 2025. arXiv:2502.05812. URL: <https://arxiv.org/html/2502.05812v1>
2. Multi-Dimensional Resource Management for Distributed MEC Networks in Jamming Environment: A Hierarchical DRL Approach / Yan H., J. P. et al. // IEEE Internet of Things Journal. 2024. Vol. PP(99). P. 1–1.
3. Andong F. J. E. N., Min Q. Federated Multi-Agent Reinforcement Learning for Privacy-Preserving and Energy-Aware Resource Management in 6G Edge Networks // arXiv. 2025. arXiv:2509.10163. URL: <https://arxiv.org/abs/2509.10163>
4. An Offline Multi-Agent Reinforcement Learning Framework for Radio Resource Management / Elsayed M., M. S. et al. // arXiv. 2025. arXiv:2501.12991. URL: <https://arxiv.org/html/2501.12991v1>