Управление движением ансамблей мобильных агентов в трёхмерном пространстве

**Е.М. Варварин1, Г.В. Осипов1**

1) ННГУ им. Н.И. Лобачевского

В данной статье рассматривается глобальная синхронизация ансамбля мобильных агентов в трёхмерном пространстве с изменяющейся топологией связей. Осуществляется моделирование управления движением синхронизованного ансамбля элементов, синхронизация агентов в двумерные структуры и моделирование надёжности полученных структур.

Использование ансамбля мобильных агентов для изучения и анализа коллективной динамики в последние годы широко применяется в различных областях науки и техники [3, 4, 12, 14]. Главным объектом большинства исследований в области коллективной динамики является синхронизация [5, 15], которая, в свою очередь, сильно зависит от топологии связей ансамбля [7, 8]. Довольно популярной у исследователей является топология связи “каждый с каждым” [1, 2], однако в реальном мире топология большинства структур не является постоянной, связи между элементами могут появляться и исчезать, усиливаться или ослабевать [13]. Системы, в которых помимо силы связи может изменяться и положение узлов, удобно рассматривать как ансамбль мобильных агентов [6, 9, 10 , 11]. Таким образом удалось рассмотреть: синхронизацию мобильных роботов [16], локализацию объектов распределённой следящей системой [17] и другие работы.

Под мобильным агентом будем понимать материальную точку, движущуюся в плоскости таким образом, что её траектория совпадает с координатами соответствующего хаотического осциллятора. В данной работе, в качестве хаотического осциллятора, не теряя общности, будем рассматривать осциллятор Рёсслера (1).



1. Xiang Ling, Wen-Bin Ju, Ning Guo, Chao-Yun Wu, Xiao-Ming Xu, Explosive synchronization in network of mobile oscillators, Physics Letters A, Volume 384, Issue 35, 2020, 126881, ISSN 0375-9601.
2. Freitas, V.L.S., Yanchuk, S., Grande, H.L.C. et al. The effects of time-delay and phase lags on symmetric circular formations of mobile agents. Eur. Phys. J. Spec. Top. 230, 2857–2864 (2021).
3. Vander L.S. Freitas, Serhiy Yanchuk, Michael Zaks, Elbert E.N. Macau, Synchronization-based symmetric circular formations of mobile agents and the generation of chaotic trajectories, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, Volume 94, 2021, 105543, ISSN 1007-5704.
4. A. Barciś and C. Bettstetter, "Sandsbots: Robots That Sync and Swarm," in IEEE Access, vol. 8, pp. 218752-218764, 2020
5. Tongfeng Weng, Xiaolu Chen, Zhuoming Ren, Jin Xu, Huijie Yang, Multiple moving agents on complex networks: From intermittent synchronization to complete synchronization, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Volume 614, 2023, 128562, ISSN 0378-4371.
6. Soumen Majhi, Dibakar Ghosh, and Jürgen Kurths Emergence of synchronization in multiplex networks of mobile Rössler oscillators Phys. Rev. E 99, vol. 99, 4 January 2019, 012308.
7. Chen, L., Yang, Q., Li, C. et al. Controlling Dynamic Formations of Mobile Agents Governed by Euler-Lagrange Dynamics. Int. J. Control Autom. Syst. 19, 1740–1750 (2021).
8. Emilda Shajan, Dibakar Ghosh, Jürgen Kurths, Manish Dev Shrimali; Direction-dependent noise-induced synchronization in mobile oscillators. Chaos 1 May 2023; 33 (5): 053108.
9. Jie Zhou , Gaoxi Xiao and H Eugene Stanley Control of mobile chaotic agents with jump-based connection adaption strategy [New Journal of Physics](https://iopscience.iop.org/journal/1367-2630), [Volume 22](https://iopscience.iop.org/volume/1367-2630/22), [July 2020](https://iopscience.iop.org/issue/1367-2630/22/7).
10. S. N. Chowdhury, S. Majhi and D. Ghosh, "Distance Dependent Competitive Interactions in a Frustrated Network of Mobile Agents," in IEEE Transactions on Network Science and Engineering, vol. 7, no. 4, pp. 3159-3170, 1 Oct.-Dec. 2020.
11. Arturo Buscarino, Luigi Fortuna, Mattia Frasca, Salvatore Frisenna; Interaction between synchronization and motion in a system of mobile agents. Chaos 1 November 2016; 26 (11): 116302.
12. Ramírez-Ávila, G.M., Kurths, J., Depickère, S., Deneubourg, JL. (2019). Modeling Fireflies Synchronization. In: Macau, E. (eds) A Mathematical Modeling Approach from Nonlinear Dynamics to Complex Systems . Nonlinear Systems and Complexity, vol 22. Springer, Cham.
13. C. Hu, H. He and H. Jiang, "Edge-Based Adaptive Distributed Method for Synchronization of Intermittently Coupled Spatiotemporal Networks," in IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 67, no. 5, pp. 2597-2604, May 2022.
14. Louis M. Pecora, Thomas L. Carroll; Synchronization of chaotic systems. Chaos 1 September 2015; 25 (9): 097611.
15. Alex Arenas, Albert Díaz-Guilera, Jurgen Kurths, Yamir Moreno, Changsong Zhou, Synchronization in complex networks, Physics Reports, Volume 469, Issue 3, 2008, Pages 93-153, ISSN 0370-1573.
16. F. Zhang, W. Chen and Y. Xi, "Motion Synchronization in Mobile Robot Networks: Robustness," 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Beijing, China, 2006, pp. 5570-5575.
17. Liya Dou, Cheng Song, Xiaofan Wang, Lu Liu, Gang Feng, Target localization and enclosing control for networked mobile agents with bearing measurements, Automatica, Volume 118, 2020, 109022, ISSN 0005-1098.