

Модели сложных сетевых систем с гетерогенными агентами

Представлены две гетерогенные динамические сетевые модели, особенность которых заключается в том, что узлы сети представляют собой сложные элементы, обладающие внутренней структурой и способные передавать и принимать сигналы разных типов из некоторого заданного набора. Еще одной особенностью узлов является способность к эндогенной активности: они способны генерировать сигналы в отсутствие внешних возбуждений. Первая модель описывает гетерохимические взаимодействия биологических нейронов в малых ансамблях и генерацию ритмической активности, вторая описывает распространение нескольких видов информации среди пользователей социальной сети. Несмотря на различие объектов исследования, они имеют ряд общих свойств, что позволяет использовать для моделирования динамики в таких системах сходные формализмы.

Ключевые слова: динамические сетевые модели, гетерогенные сети, нейронные ансамбли, гетерохимические ансамбли, социальные сети.

Базенков Николай Ильич – канд. техн. наук, старший научный сотрудник,
Жилиякова Людмила Юрьевна – д-р физ.-мат. наук, заведующий лабораторией №11
«Сетевых моделей в нейронинформатике и многоагентных системах», ИПУ РАН.

Список литературы

1. Базенков Н.И., Куливец С.Г., Жилиякова Л.Ю., Кузнецов О.П., Воронцов Д.Д., Дьяконова В.Е., Захаров И.С., Сахаров Д.А. Дискретное моделирование межнейронных взаимодействий в мультитрансмиттерных сетях // Искусственный интеллект и принятие решений. 2017. № 2. С. 55-73.
2. Кузнецов О.П., Базенков Н.И., Болдышев Б.А., Жилиякова Л.Ю., Куливец С.Г., Чистопольский И.А. Асинхронная дискретная модель химических взаимодействий в простых нейронных системах // Искусственный интеллект и принятие решений. 2018. № 2. С. 3-20.
3. Vazhenkov N.I., Boldyshev B.A., Dyakonova V. and Kuznetsov O.P. Simulating small neural circuits with a discrete computational model // Biological Cybernetics. 2020. 114.Pp.349-362.
4. Болдышев Б. А., Жилиякова Л. Ю. (). Нейромодуляция как инструмент управления нейронными ансамблями // Проблемы управления. 2021. №2. С. 76-84.
5. Кузнецов О.П. Асинхронные многоагентные многосортные системы // Автоматика и телемеханика. 2021. вып. 2. С. 132-148.
6. Кузнецов О.П. Об условиях прохождения сигнала через цепь асинхронных пороговых элементов // Автоматика и телемеханика. 2022. № 6. С. 118-135.
7. Губанов Д.А. Методы анализа информационного влияния в активных сетевых структурах // Автоматика и телемеханика. 2022. № 5. С. 87-101.
8. Breer V.V., Novikov D.A., Rogatkin A.D. Mob Control: Models of Threshold Collective Behavior. Series: "Studies in Systems, Decision and Control". Heidelberg: Springer, 2017. 134 p.
9. Zhilyakova L. Yu., Kuznetsov S., Panov A. (eds) Modeling the Structure of MIMO-Agents and Their Interactions // Artificial Intelligence. RCAI 2019. Communications in Computer and Information Science. 2019. Vol. 1093. Cham: Springer, Pp. 3-16.
10. Nicholls J.G. et.al. From Neuron to Brain, 5th edition. Sunderland, MA: Sinauer Associates. 2011. 768 p.
11. Дьяконова В.Е. Нейротрансмиттерные механизмы контекст-зависимого поведения // Журн. высш. нерв. деят. 2012. Т.62 № 6. С.1-17.
12. Bargmann C.I. Beyond the connectome: How neuromodulators shape neural circuits // BioEssays. 2012. Vol.34. Iss. 6. P.458-465.

13. McCulloch W.S., Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. // Bull. Math. Biophys. 1943. Vol. 5, P.115-133.
14. Bengio Y., Goodfellow I., Courville A. Deep learning. Cambridge, MA, USA: MIT press. 2017.
15. Zhao et.al. A survey of large language models // arXiv preprint arXiv:2303.18223. 2023 Mar 31. URL: <https://arxiv.org/pdf/2303.18223.pdf>
16. Paugam-Moisy H., Bohte S.M. Computing with spiking neuron networks // Handbook of natural computing. 2012. Vol.1. P. 1–47.
17. Izhikevich E. 2004. Which Model to Use for Cortical Spiking Neurons? // IEEE Transactions on Neural Networks. 2004. Vol. 15. N. 5. P.1063-1070
18. Ivanov D., Chezhegov A., Larionov D. Neuromorphic artificial intelligence systems // Frontiers in Neuroscience. 2022. Vol.16. P. 959626.
19. Davies M., Wild A., Orchard G., Sandamirskaya Y, Guerra G.A., Joshi P., Plank P., Risbud S.R. Advancing neuromorphic computing with loihi: A survey of results and outlook // Proceedings of the IEEE. 2021. Vol.109. Iss. 5. P. 911–934.
20. Hodgkin A. L., Huxley A. F. A quantitative description of membrane current and its applications to conduction and excitation in nerve // J. Physiol. (Lond.). 1952. Vol.116. Pp. 500-544.
21. Vavoulis D.V., Straub V.A., Kemenes I., Kemenes G., Feng J., Benjamin P.R. Dynamic control of a central pattern generator circuit: a computational model of the snail feeding network // Eur J Neurosci. 2007. Vol. 25, Issue 9. Pp. 2805-2818.
22. Prinz A.A., Bucher D., Marder E. Similar network activity from disparate circuit parameters // Nat Neurosci. 2004. Vol. 7. Iss. 12. P.1345.
23. Erdős, P., & Rényi, A. On Random Graphs I. Publicationes Mathematicae Debrecen. 1959. 6. Pp. 290-297.
24. Albert R.; A.-L. Barabási. Statistical mechanics of complex networks // Reviews of Modern Physics : journal. 2002. Vol. 74. Pp. 47–97.
25. Watts D. J.; Strogatz, S. H. "Collective dynamics of 'smallworld'networks". Nature. 1998. 393 (6684): Pp. 440- 442.
26. Волгина О.А., Нечаева П.А. Моделирование гетерогенных информационных взаимодействий пользователей социальных сетей / Материалы Межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов имени Е.В. Арменского. М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2023. С. 108-110.

Bazenkov N.I., Zhilyakova L.Yu. Models of complex network systems with heterogeneous agents

The paper presents two heterogeneous dynamic network models. The network nodes are complex elements with internal structure and the ability to transmit and receive various type of signal from a pre-specified set. One more feature of the nodes is the ability to generate signals in the absence of external excitation. The first model describes heterochemical interactions of biological neurons in small ensembles and the generation of rhythmic activity, the second one describes the propagation of several types of information among social network users. Notwithstanding the different objects of study, they have a number of common properties that enables the application of similar formalisms for the modeling of dynamics in such systems.

Keywords: dynamic network models, heterogeneous networks, neuronal ensembles, heterochemical ensembles, social networks.