



Universidade de Pernambuco (UPE)
Escola Politécnica de Pernambuco (POLI)
Instituto de Ciências Biológicas (ICB)

Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas

Proposta de Tese de Doutorado

Área: Cibernética
Linha de Pesquisa: Modelagem e simulação de sistemas inteligentes e embarcados
Título Provisório: Fenômenos Coletivos em Redes Complexas
Orientador: André L. M. Vilela
Co-orientador: Marcone I. Sena-Junior

Descrição

A disponibilidade crescente de dados em diferentes áreas do conhecimento transformou profundamente a maneira como abordamos questões tecnológicas, sociais e econômicas. Hoje, temos acesso a um volume sem precedentes de informações que abrangem desde transações financeiras e mobilidade urbana até padrões de comportamento em redes sociais, dinâmicas de saúde pública e sistemas tecnológicos interconectados. Esses dados, aparentemente desordenados, despertam novas perguntas sobre as leis e padrões que governam a interação entre os diversos agentes que compõem sistemas complexos.

Um sistema complexo é composto por múltiplos elementos interconectados que interagem de forma não-linear, resultando em padrões e comportamentos emergentes que não podem ser previstos apenas a partir das propriedades individuais de seus componentes. Esses sistemas, como ecossistemas, redes sociais, mercados financeiros e o cérebro humano, são caracterizados por adaptação, auto-organização e dinâmicas imprevisíveis, onde pequenas mudanças locais podem gerar grandes impactos globais. A Física do Século 21 se estabelece como uma das ferramentas mais poderosas para compreender os processos emergentes em sistemas compostos por muitos elementos interativos. Utilizando conceitos de Mecânica Estatística, Teoria de Redes e Big Data, questões como o comportamento de investidores em mercados financeiros, a propagação de fake news, o fluxo de tráfego urbano ou a adesão a medidas sanitárias durante pandemias são analisadas sob a ótica de padrões globais e leis universais, que emergem de interações locais.

Nesta proposta, investigamos modelos de agentes permeados por interações representadas em redes complexas, com destaque para aplicações em Sociofísica e Econofísica. O foco está em processos como dinâmica de opinião, segurança de redes IoT, análise de séries temporais, comportamento de mercados financeiros, propagação de informações e desenvolvimento de



inteligências artificiais. Esses modelos têm aplicações práticas que vão desde simulações de fenômenos coletivos em sociedades até segurança em transações digitais e planejamento de sistemas urbanos. Por meio dessa abordagem, buscamos revelar as regras fundamentais que conectam a complexidade dos dados às dinâmicas coletivas que observamos no mundo real.

Do candidato

Formação em Engenharia, Física, Matemática, Biologia, Economia, Administração e áreas afins.

Referências Bibliográficas

- [1] Vilela, André L. M., H. E. Stanley. Effect of Strong Opinions on the Dynamics of the Majority-Vote Model, *Nature Scientific Reports*, 8, 8709, 2018.
- [2] M. J. Oliveira. Isotropic majority-vote model on a square lattice. *Journal of Statistical Physics*, vol. 66, p. 273, 1992.
- [3] André L. M. Vilela, Bernardo J. Zubillaga, Chao Wang, Minggang Wang, Ruijin Du, H. Eugene Stanley. Three-state Majority-Vote Model on Barabási-Albert and Cubic Networks and the Unitary Relation for Critical Exponents. *Scientific Reports*, 10, 8255, 2020.
- [4] M. Shin, J. Kim, B. van Opheusden, T. L. Griffiths. Superhuman artificial intelligence can improve human decision-making by increasing novelty, *PNAS*, 120 (12) e2214840120, 2023.
- [5] G. Zyskind, O. Nathan, A. Pentland. Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data. *2015 IEEE Security and Privacy Workshops*, San Jose, CA, 2015, 180-184.
- [6] Y. Yuan and F. Wang. Blockchain and Cryptocurrencies: Model, Techniques, and Applications. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 48(9), 1421, 2018.
- [7] Michał Pawlak, Jakub Guziur, Aneta Poniszewska-Marańda. Voting Process with Blockchain Technology: Auditable Blockchain Voting System. *Advances in Intelligent Networking and Collaborative Systems. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 23, 2019.
- [8] Igor V. G. Oliveira, Chao Wang, Gaogao Dong, Ruijin Du, Carlos E. Fiore, André L. M. Vilela and H. Eugene Stanley. Entropy production on cooperative opinion dynamics, *Chaos, Solitons and Fractals*, vol. 181, 114694, 2024
- [9] André L. M. Vilela; Chao Wang; Kenric P. Nelson; H. Eugene Stanley. Majority-vote model for financial markets. *Physica A - Statistical Mechanics and its Applications*, 515, 762-770, 2018.



Universidade de Pernambuco (UPE)
Escola Politécnica de Pernambuco (POLI)
Instituto de Ciências Biológicas (ICB)

- [10] Mateus F. B. Granha, André L. M. Vilela, Chao Wang, Kenric P. Nelson and H. Eugene Stanley. Opinion dynamics in financial markets via random networks. *PNAS*, vol. 119, n. 49, 2022.
- [11] Kaizoji T., Bornholdt S., Fujiwara Y. Dynamics of price and trading volume in a spin model of stock markets with heterogeneous agents. *Physica A*, 316, 441, 2002.
- [12] Takaishi T. Simulations of financial markets in a potts-like model. *International Journal of Modern Physics C*, 16, 1311, 2005.
- [13] Bornholdt S. Expectation Bubbles in A Spin Model of Markets: Intermittency from Frustration Across Scales. *International Journal of Modern Physics C*, 12, 667, 2001.
- [14] R. Albert and A-L. Barabási. Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, vol. 74, p. 47, 2002.
- [15] A-L. Barabási, and E. Bonabeau. Scale-Free Networks. *Scientific American*, vol. 288(5), p. 60, 2003.
- [16] D. Y. Kenett, and S. Havlin. Network science: a useful tool in economics and finance. *Mind & Society*, vol. 14, p. 155, 2015.
- [17] E. Quill. When Networks Network. *Science News*, vol. 182(6), p. 18, 2012.
- [18] H. Schawe, C. Norrenbrock, A. K. Hartmann. Ising Ferromagnets on Proximity Graphs with Varying Disorder of the Node Placement, *Scientific Reports*, 7, 8040, 2017.
- [19] Y. Koren, S. C. North, C. Volinsky. Measuring and extracting proximity graphs in networks. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 1, 3, 2007.
- [20] D. S. Fischer, A. C. Schaar, F. J. Theis. Modeling intercellular communication in tissues using spatial graphs of cells, *Nature Biotechnology*, 41, p. 332, 2022.