

Identificação de Nós Influentes em Redes Complexas

Lara Cristina de Oliveira Vieira,¹ Celso Vieira Abud²

UFCAT, Catalão, GO

Redes complexas são sistemas formados por elementos interconectados que exibem interações não triviais. Tradicionalmente, a teoria dos grafos provê o formalismo matemático para o estudo das relações entre objetos de um determinado conjunto, que são representados através de vértices (nós) e arestas [1]. No mundo real, convivemos a todo momento com sistemas que podem ser representados e estudados por redes complexas como: sistemas de cooperação social, infraestruturas de comunicação e sistemas de transporte. No contexto das redes complexas, os fenômenos de disseminação são cruciais, pois podem ser aplicados em problemas reais como interromper doenças contagiosas e melhorar a propagação de informações. Esses dois exemplos mostram direções opostas onde o processo de disseminação pode ser afetado. Remover uma fração de nós estruturais, ou seja, nós vitais, quebraria uma rede e impediria a disseminação de uma epidemia em grande escala. Em contraste, difundir informações de um conjunto de nós de origem, ou seja, nós influentes, maximizaria a escala de influência em uma rede. Logo, identificar e agir sobre os nós influentes permite uma mudança na estrutura e na função da rede de forma mais eficiente [3].

Existem diversos trabalhos na literatura relacionados com a identificação de nós influentes em redes complexas [2, 4, 5]. As métricas denominadas centralidades estruturais buscam estabelecer valores reais a cada nó na rede, onde se espera que os valores produzidos forneçam uma classificação de nós sujeitos à sua importância. Dentre as centralidades destacam-se: as centralidades de grau (CG), intermediação (CI) e proximidade (CP). Outras métricas valoram a importância dos nós mensurando, também, a influência de seus vizinhos, em uma espécie de efeito de aprimoramento mútuo. Nesse contexto, têm-se como exemplos a centralidade de auto vetor (CA) e alguns algoritmos de ranqueamento como o PageRank e HITS (*Hyperlink-Induced Topic Search*). Este último, classifica os nós com base em dois conceitos principais: *hubs* e *autoridades*. A ideia central é que *hubs* são nós que distribuem conexões para *autoridades* relevantes, enquanto *autoridades* são nós que recebem muitas conexões de *hubs* confiáveis. De fato, toda métrica ou algoritmo para identificação de nós influentes possuem prós e contras e o desempenho do método utilizado pode ser altamente diferente para diferentes redes ou sob diferentes parâmetros.

Neste trabalho investigou-se a identificação de nós influentes em redes do tipo direcionadas. Uma rede direcionada não ponderada é representada por $G = (V, E)$, onde $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ e $|V|$ é o número de nós (vértices) na rede. $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ e $|E|$ é o número de arestas na rede. A matriz de adjacência $A = (a_{ij})$ de um grafo G é uma matriz quadrada de dimensões $|V| \times |V|$ com i linhas e j colunas, sendo que a_{ij} será 1 se $(i, j) \in E$, caso contrário, será 0. Logo, o bit 1 demarca a existência de uma conexão (a, b) e o bit 0 demarca a inexistência dessa conexão e, para o caso de uma rede direcionada a_{ij} pode ser diferente de a_{ji} .

O objetivo do trabalho é comparar métricas de centralidade clássicas (grau, intermediação, proximidade e autovalor) e o algoritmo HITS, realizando uma análise comparativa para investigar como cada métrica define os "nós influentes" e avaliar os impactos conforme a topologia e a função da rede (redes sociais, biológicas ou de infraestrutura). Para a análise, foram conduzidos experimentos computacionais utilizando a biblioteca NetworkX, permitindo a modelagem de redes complexas e

¹laravieira@discente.ufcat.edu.br

²cabud@ufcat.edu.br

a aplicação das diferentes métricas. Os experimentos foram realizados através de uma adaptação para redes direcionadas de redes clássicas como: Watts-Strogatz, Erdős-Rényi, e Barabási-Albert.

Para comparar a precisão do ranqueamento dos nós influentes das métricas selecionadas, foi calculando o tamanho de maior caminho e a proporção de partes independentes das redes após a remoção de um percentual de nós melhores ranqueados. Obviamente, quanto maior a proporção de partes independentes, mais seriamente a rede é destruída e maior a precisão na identificação dos nós influentes.

A análise, até o presente momento, demonstra que a maneira de avaliar os nós influentes de uma rede varia, significativamente, quando se adotam abordagens topológicas distintas. Portanto, a integração de diferentes métricas de centralidade revela que a influência dos nós em redes complexas não deve ser resumida a um único indicador. As diferentes topologia das redes e, também, as dinâmicas adotadas nelas, podem apresentar resultados distintos, refletindo a diversidade de papéis que os nós desempenham na transmissão de informações. Tal entendimento é vital para aprimorar a forma como se interpreta e gerencia os sistemas interconectados.

Referências

- [1] S. Boccaletti, V. Latora, Y. Moreno, M. Chavez e D.-U. Hwang. “Complex networks: Structure and dynamics”. Em: **Physics Reports** 424.4 (2006). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2005.10.009>.
- [2] Z. Dong, Y. Chen, T. S. Tricco, C. Li e T. Hu. “Hunting for vital nodes in complex networks using local information”. Em: **Scientific Reports** 11.9190 (2021). DOI: [10.1038/s41598-021-88692-9](https://doi.org/10.1038/s41598-021-88692-9).
- [3] M. Kitsak, L. K. Gallos, S. Havlin, F. Liljeros, L. Muchnik, H. E. Stanley e H. A. Makse. “Identification of influential spreaders in complex networks”. Em: **Nature Physics** 6.11 (2010). DOI: [10.1038/nphys1746](https://doi.org/10.1038/nphys1746).
- [4] L. Lü, D. Chen, X. Ren, Q. Zhang, Y. Zhang e T. Zhou. “Vital nodes identification in complex networks”. Em: **Physics Reports** 650 (2016). Vital nodes identification in complex networks. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2016.06.007>.
- [5] X. Xu, C. Zhu, Q. Wang, X. Zhu e Yun Zhou. “Identifying vital nodes in complex networks by adjacency information entropy”. Em: **Scientific Reports** 10.2691 (2020). DOI: [10.1038/s41598-020-59616-w](https://doi.org/10.1038/s41598-020-59616-w).