

Heurísticas para a Maximização de Modularidade

Rafael de Santiago, Rafael Marini,
Alex Luciano Roesler Rese, Eduardo Souza Santos

¹Laboratório de Inteligência Aplicada – Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI)
Itajaí – SC – Brasil

{rsantiago,rafaelmarini,alexrese,eduardosouza}@univali.br

Abstract. *The Modularity Maximization has the aim to seek the best set of communities for Biological and Social purposes. This optimization problem is NP-Hard, so there are several works reporting heuristics solvers. The main subject of research reported in this paper is to compare important metaheuristics. In previous analyses, the Tabu Search with random duration in tabu list, have presented the best quality and time results.*

1. Introdução

Há diversas áreas de estudo que utilizam o conceito de redes (grafos) para representar seus sistemas. Uma das operações mais comum sobre estas redes é a detecção de grupos de entidades, que podem refletir características comuns e possibilitar a compreensão dos sistemas que estas redes representam [Fortunato and Castellano 2012]. Como exemplo de aplicações cita-se: redes metabólicas na Biologia [Guimera and Amaral 2005]; redes neurais, na Saúde [Meunier et al. 2014]; redes sociais, na Sociologia [Ferrara et al. 2014].

A Modularidade é uma função de avaliação muito explorada na literatura, que tem o objetivo de qualificar os grupos de entidades em uma rede [Newman and Girvan 2004]. Sua versão de otimização é conhecida como Maximização da Modularidade, na qual, dada uma rede, busca-se localizar um conjunto de grupos, chamados de comunidades, em que a função de Modularidade obtém o maior valor possível. Na equação $\frac{1}{2|E|} \sum_{c \in C} \sum_{i,j \in c} (A_{ij} - \frac{d_i d_j}{2|E|})$, pode ser visualizada a função de avaliação para redes não dirigidas e não ponderadas, onde, dado uma rede $G(V, E)$, onde V é o conjunto de vértices, E o conjunto de arestas, A_{ij} é a matriz de adjacência de G , d_v é o grau do vértice $v \in V$.

De acordo com [Brandes et al. 2008], a versão de otimização do problema de Maximização de Modularidade é NP-Difícil. Isto significa que há uma demanda exponencial de tempo em relação a quantidade de vértices, inviabilizando a busca pela solução exata. Este é o fator principal para que sejam utilizadas heurísticas.

2. Solução proposta

Como heurísticas para resolver o problema pode-se citar os seguintes trabalhos na literatura: (i) Genetic Algorithm and Local Search [Pizzuti 2012]; (ii) Variable Neighborhood Search [Aloise and Caporossi 2012]; (iii) Greedy Randomized Adaptive Search Procedure com Religamento de Caminhos [Nascimento and Pitsoulis 2013]. Uma das heurísticas que possuem maior evidência na literatura, devido seu desempenho em tempo e qualidade das soluções é descrita em [Clauset et al. 2004].

A partir deste estudo, pretende-se realizar a implementação e a comparação das heurísticas Busca Local Monótona Randomizada, Busca Local Iterada, Busca Tabu, Colônia de Formigas e a Enxame de partículas, Têmpera Simulada frente ao problema de Maximização da Modularidade. O objetivo principal da análise é identificar como as heurísticas se comportam sobre instâncias diversas (clássicas e aleatórias) e sob seus diversos parâmetros.

3. Considerações Finais

Em análises preliminares, a Busca Tabu obteve melhores resultados em tempo e qualidade, utilizando parâmetro aleatório de permanência dos elementos na lista tabu. Com os dados obtidos nos demais experimentos, os resultados serão comparados com o intuito de determinar qual heurística obtém o melhor desempenho em qualidade e tempo computacional.

Referências Bibliográficas

- Aloise, D. and Caporossi, G. (2012). Modularity maximization in networks by variable neighborhood search. *10th DIMACS Implementation Challenge Graph Partitioning and Graph Clustering*.
- Brandes, U., Delling, D., Gaertler, M., Gorke, R., Hofer, M., Nikoloski, Z., and Wagner, D. (2008). On Modularity Clustering. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 20(2):172–188.
- Clauset, A., Newman, M., and Moore, C. (2004). Finding community structure in very large networks. *Physical review E*, pages 1–6.
- Ferrara, E., De Meo, P., Catanese, S., and Fiumara, G. (2014). Detecting criminal organizations in mobile phone networks. *Expert Systems with Applications*, 41(13):5733–5750.
- Fortunato, S. and Castellano, C. (2012). Community structure in graphs. *Computational Complexity*, pages 490–512.
- Guimera, R. and Amaral, L. (2005). Functional cartography of complex metabolic networks. *Nature*, 433(February):895–900.
- Meunier, D., Fonlupt, P., Saive, A.-L., Plailly, J., Ravel, N., and Royet, J.-P. (2014). Modular structure of functional networks in olfactory memory. *NeuroImage*, 95:264–75.
- Nascimento, M. C. and Pitsoulis, L. (2013). Community detection by modularity maximization using GRASP with path relinking. *Computers & Operations Research*, 40(12):3121–3131.
- Newman, M. and Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks. *Physical Review E*, 69(2):026113.
- Pizzuti, C. (2012). Boosting the detection of modular community structure with genetic algorithms and local search. In *Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing - SAC '12*, page 226, New York, New York, USA. ACM Press.