

Iterated Local Search no Problema da Clique Máxima

Gabriel Cardoso de Carvalho

Resumo: Esse artigo mostra os resultados de uma implementação do Iterated Local Search no problema da Clique Máxima, comparando com os resultados de outras implementações desse mesmo método e de outros métodos como o genético.

1 Introdução

O problema de encontrar a Clique Máxima (CM) é extremamente conhecido e estudado, pois inúmeros problemas práticos de diversas áreas diferentes, como biologia computacional, economia e análise de redes sociais podem ser modelados como CM. Além disso, a sua versão de decisão foi um dos primeiros problemas a serem provados NP-Completo.

Ele pode ser definido da seguinte maneira, seja o grafo $G = (V, E)$ onde $V = 1, 2, \dots, n$ é o conjunto de vértices e $E \subseteq V \times V$ é o conjunto de arestas, uma Clique $C \subseteq V$ é tal que $\forall i, j \in C, (i, j) \in E$, ou seja, todos os vértices em C são adjacentes entre si. Ou ainda, C é um subgrafo completo de G . O problema da clique máxima é o problema de encontrar a clique de cardinalidade máxima do grafo G .

Diversas soluções foram propostas, tanto métodos exatos quanto heurísticas e metaheurísticas [2, 3, 4]. As propostas no geral tendem a utilizar o sistema *breach and bound* nos métodos exatos e heurísticas gulosas em buscas locais, preferindo vértices de maior grau. De maneira geral, os algoritmos gulosos partem de uma clique C inicial que contém apenas um vértice e um conjunto N_C de vértices $v \in V$ que são os vértices vizinhos à C , ou seja, $\forall u \in C, v$ é adjacente à u . Daí o algoritmo adiciona vértices de N_C em C , escolhendo sempre o vértice de N_C que tem o maior grau no subgrafo $G(N_C)$, até que C seja *maximal*, ou seja, até que não exista uma clique C' maior que C tal que $C \subseteq C'$. Em outros trabalhos esse método é chamado de *Busca Local 1-opt* [5].

A metaheurística implementada nesse artigo é a *Iterated Local Search (ILS)*, que pode ser resumida como uma metaheurística que cria, de maneira iterativa, uma sequência de soluções geradas por uma heurística interna (ou busca local) [6]. É esperado que as soluções providas pelo ILS sejam melhores do que uma simples repetição da heurística de maneira aleatória.

Nesse artigo é proposta uma implementação do ILS focada na aleatoriedade,

de modo a comparar seu desempenho com métodos gulosos, como a implementação do IKLS de *Katayama* [1], que utiliza a *Busca Local k -opt (KLS)* [5] como busca local, que é uma generalização da busca local 1-opt, onde adiciona-se k vértices à clique por vez, permitindo retirar vértices da clique para isso, de maneira dinâmica, ou seja, o k não é fixo, e uma perturbação baseada na *menor conectividade por arestas (LEC-KLS)*, onde escolhe-se um vértice v que não pertence à C , de maneira que v seja adjacente à menor quantidade de vértices de C . Então, adiciona-se v à C e remove de C todos os vértices que não vizinhos à v .

2 ILS

2.1 Geração da Solução Inicial

2.2 Busca Local

2.3 Perturbação

2.4 Critério de Aceitação

3 Resultados Experimentais

4 Conclusão

References

- [1] Katayama, Kengo, Masashi Sadamatsu, and Hiroyuki Narihisa. "Iterated k -opt local search for the maximum clique problem." *Lecture Notes in Computer Science* 4446 (2007): 84.
- [2] Wu, Qinghua, and Jin-Kao Hao. "A review on algorithms for maximum clique problems." *European Journal of Operational Research* 242.3 (2015): 693-709.
- [3] I.M. Bomze, M. Budinich, P.M. Pardalos, and M. Pelillo. The maximum clique problem. In D.-Z. Du and P.M. Pardalos, editors, *Handbook of Combinatorial Optimization (suppl. Vol. A)*, pp. 1-74. Kluwer, 1999.
- [4] D.S. Johnson and M.A. Trick. *Cliques, Coloring, and Satisfiability*. Second DIMACS Implementation Challenge, DIMACS Series in Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science. American Mathematical Society, 1996.
- [5] K. Katayama, A. Hamamoto, and H. Narihisa. An effective local search for the maximum clique problem. *Information Processing Letters*, Vol. 95, No. 5, pp. 503-511, 2005.

- [6] Glover, Fred W., and Gary A. Kochenberger, eds. *Handbook of metaheuristics*. Vol. 57. Springer Science & Business Media, 2006.