

Introdução à Inteligência Artificial

Licenciatura em Engenharia Informática, Engenharia Informática – Pós-Laboral e
Engenharia Informática – Curso Europeu

2º Ano – 1º semestre

2019/2020

Trabalho Prático ÈPOCA ESPECIAL SETEMBRO *Problema de Otimização*

1. Objetivos

Conceber, implementar e testar métodos de otimização que procurem a solução ótima ou uma solução próxima de boa qualidade para diferentes instâncias do problema a seguir descrito.

2. Minimum Bandwidth Problem - Descrição do Problema

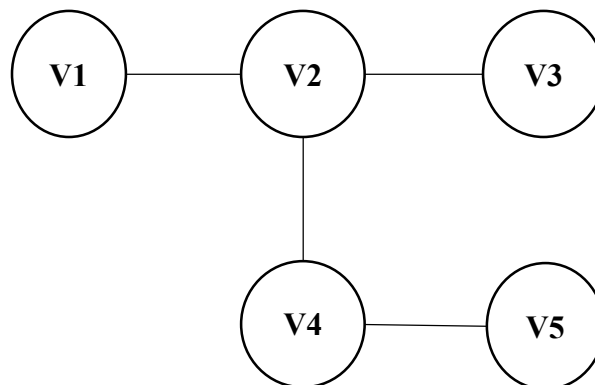
O Minimum Bandwidth Problem (problema da largura de banda de grafos) é um problema de otimização combinatória cujo objetivo é rotular os n vértices v_i de um grafo G com inteiros distintos $f(v_i)$, de modo que a minimizar a largura de banda do grafo $B_f(G)$:

$$B_f(G) = \max \{ |f(v_i) - f(v_j)| : v_i v_j \in E \}$$

onde E é o conjunto de arestas de G , isto é v_i e v_j são vértices adjacentes.

Por outras palavras, neste problema pretende-se encontrar uma rotulagem dos vértices de forma a que a maior diferença dos rótulos dos vértices adjacentes é minimizada.

Vejamos um exemplo de um grafo G com 5 vértices ligados da seguinte forma.



Imaginemos as seguintes duas rotulagens dos vértices diferentes:

$$f(v_1) = 3; f(v_2) = 1; f(v_3) = 2; f(v_4) = 5; f(v_5) = 4$$

$$f(v_1) = 1; f(v_2) = 3; f(v_3) = 2; f(v_4) = 5; f(v_5) = 4$$

Na primeira solução temos a largura de banda para cada vértice:

$$B_f(v_1) = \max\{|1 - 3|\} = 2$$

$$B_f(v_2) = \max\{|3 - 1|, |2 - 1|, |5 - 1|\} = 4$$

$$B_f(v_3) = \max\{|1 - 2|\} = 1$$

$$B_f(v_4) = \max\{|1 - 5|, |4 - 5|\} = 4$$

$$B_f(v_5) = \max\{|5 - 4|\} = 1$$

Logo a largura de banda do grafo é $B_f(G) = \max B_f(v) = \max\{2, 4, 1, 4, 1\} = 4$.

Na segunda solução temos a largura de banda para cada vértice:

$$B_f(v_1) = \max\{|3 - 1|\} = 2$$

$$B_f(v_2) = \max\{|1 - 3|, |2 - 3|, |5 - 3|\} = 2$$

$$B_f(v_3) = \max\{|3 - 2|\} = 1$$

$$B_f(v_4) = \max\{|3 - 5|, |4 - 5|\} = 2$$

$$B_f(v_5) = \max\{|5 - 4|\} = 1$$

Logo a largura de banda do grafo é $B_f(G) = \max B_f(v) = \max\{2, 2, 1, 1, 1\} = 2$.

Sendo este um problema de minimização, no exemplo apresentado, a solução 2 é de melhor qualidade, uma vez que o valor $\max\{|f(v_i) - f(v_j)| : v_i v_j \in E\}$ é menor. Haveria outras soluções? Qual a solução ótima?

Esta configuração encontra-se na pasta dos ficheiros de instâncias de com a designação “*inst_teste.txt*”. Além deste ficheiro, estão disponíveis outros ficheiros contendo outras instâncias de maior dimensão que devem ser usadas para testar e avaliar os algoritmos implementados.

Os algoritmos a implementar devem estar preparados para lidar com grafos que contenham até 500 vértices. Os grafos estão armazenados nos ficheiros de acordo com a representação de lista de adjacências:

No início surge uma linha de comentário começada por `%%`. Depois surge uma linha iniciada com 2 valores inteiros, onde são indicados o número de vértices e o número de arestas. Os vértices são identificados por números inteiros a partir de 1. Cada uma das linhas seguintes, especifica uma ligação entre dois vértices (aresta).

A seguir ilustra-se como é armazenada a informação contida num grafo e guardada num ficheiro de texto:

```
%%MatrixMarket matrix coordinate pattern symmetric
59 163
1 1
2 1
7 1
9 1
2 2
3 2
7 2
10 2
...
```

- Linha com comentários
- Grafo com 59 vértices e 163 arestas
- Primeira aresta liga vértices 1 e 1 (laço)
- Segunda aresta liga vértices 2 e 1
- ...

3. Métodos de Otimização

Neste trabalho pretende-se que implemente e avalie a capacidade de diferentes algoritmos de otimização para encontrar soluções de boa qualidade para o problema que selecionar. Sendo assim, no seu estudo deverá implementar os 3 métodos seguintes e efetuar um estudo comparativo aprofundado sobre o desempenho da otimização:

1. **Algoritmo de recristalização simulada**, testado com pelo menos duas funções de vizinhança diferentes
2. **Algoritmo evolutivo**;
 - Devem ser evitadas soluções inválidas na população
 - Deve ser implementado o método de seleção por roleta
 - Deve ser implementado pelo menos um operador de crossover por ordem (order crossover, PMX, ou outro);
 - Devem ser implementados e testados pelo menos dois operadores de mutação apropriados à representação proposta
3. **Método híbrido**, combinando as duas abordagens anteriores.
 - Devem ser exploradas pelo menos duas abordagens híbridas.

4. Critérios de avaliação

- Originalidade e correção dos algoritmos implementados (30%)
- Experimentação e análise (50%):
 - Análise do impacto das componentes dos algoritmos: operadores, vizinhanças, arquiteturas híbridas, entre outros (20%).
 - Análise do efeito da variação de parâmetros (20%).
 - Outros testes (10%).
- Documentação e defesa (20%)

5. Normas de realização do trabalho prático

- O trabalho deve ser realizado **individualmente**
- Os trabalhos serão sujeitos a **defesa obrigatória**, em data a anunciar.
- Cotação do trabalho: **8 valores**
- Todos os alunos que entreguem o trabalho em Setembro devem inscrever-se no exame de IIA da época especial.

6. Entrega do Trabalho

- Data limite para entrega: **23h:59m do dia 20 de Setembro de 2020**
- Será dada uma penalização de 25% por cada dia de atraso;
- Deverá ser submetido um ficheiro compactado, devidamente identificado com o nome e número do aluno que realizou o trabalho. Esse ficheiro deverá conter o seguinte:

- **Relatório** abordando, pelo menos, os seguintes pontos:
 - Representação usada para o problema, descrição da função de avaliação e objetivo da otimização;
 - Descrição dos algoritmos e/ou das heurísticas utilizadas. Explicar quais as vizinhanças, métodos de seleção e operadores genéticos implementados;
 - Justificação das principais opções tomadas;
 - Resultados dos testes efetuados e respetiva análise. Os resultados a mostrar no relatório devem ser apenas um resumo baseado em tabelas/gráficos apresentando médias de várias repetições e respetivas conclusões. O estudo completo deve ser anexado num ficheiro Excel.
 - **Código fonte** do programa, executável e exemplos para teste;
 - **Ficheiro Excel** com os testes realizados para cada algoritmo.
- O trabalho deve ser entregue através da plataforma Moodle até à data limite indicada.
 - As defesas serão combinadas e agendadas com os professores das aulas práticas.