

PCC170 - Projeto e Análise de Experimentos Computacionais

Marco Antonio M. Carvalho

Departamento de Computação
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas
Universidade Federal de Ouro Preto



1 Análise do desempenho de métodos heurísticos

Licença

Este material está licenciado sob a Creative Commons BY-NC-SA 4.0. Isto significa que o material pode ser compartilhado e adaptado, desde que seja atribuído o devido crédito, que o material não seja utilizado de forma comercial e que o material resultante seja distribuído de acordo com a mesma licença.

Análise do desempenho de métodos heurísticos

Indicadores de desempenho

Ao analisarmos o desempenho de um método computacional usamos indicadores como qualidade da solução e esforço computacional.

Critérios baseados nos atributos específicos dos problemas tratados também devem ser considerados.

Outros critérios menos objetivos podem ser abordados, como facilidade de implementação, simplicidade, facilidade de utilização, etc.

Ao relatarmos os experimentos, não basta apenas apresentar indicadores de desempenho. É necessário incluir análises textuais dos mesmos.

Indicadores de desempenho

Diferentes tipos de indicadores podem ser extraídos dos resultados de um experimento computacional, o que varia de acordo com o problema tratado e suas dimensões, nos ajudando a avaliar o comportamento do método ainda durante seu desenvolvimento.

Após analisarmos um método individualmente, podemos compará-lo a outros métodos ou resultados da literatura.

Esforço computacional

O **esforço computacional** é medido de acordo a análise assintótica e com o tempo de execução.

Normalmente, estamos interessados no pior caso, de cada procedimento que o compõe o método proposto e também o método como um todo.

O tempo de execução é o tempo medido na execução do experimento em si, e também pode ser apresentado para cada componente do algoritmo.

Ambos indicadores devem ser analisados de acordo com diferentes fatores, como tamanho e estrutura das instâncias tratadas.

Convergência do algoritmo

É um indicador de esforço computacional, dado pelo número de iterações ou tempo de execução que o algoritmo demora para atingir a melhor solução encontrada para uma instância.

Note que o algoritmo pode continuar a ser executado, mesmo sem melhorar a qualidade da solução.

Ajuda a determinar o número adequado de iterações do algoritmo.

Consistência e robustez

A **consistência**, em geral, é demonstrada pela insensibilidade do método a alterações na entrada, a valores de parâmetros e a execuções independentes para uma mesma instância^a.

Quando as soluções são consistentemente boas, o algoritmo é considerado **robusto**.

No outro extremo, o algoritmo demonstra um comportamento **errático**.

^aQuando o método contar com componentes aleatórios.

Análise do desempenho de métodos heurísticos

Indicadores de desempenho

Para analisar a consistência/robustez de um algoritmo, analisamos as soluções obtidas para cada instância individualmente e consideramos a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Média

A **média** indica a concentração dos dados de uma distribuição.

Seja n o número total de valores x_i , $1 \leq i \leq n$. A média aritmética é dada por

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Desvio padrão

O **desvio padrão**, ou **erro médio**, é uma medida de dispersão de valores, expressos em uma mesma unidade de medida, em torno da média.

Um desvio padrão baixo indica que os valores estão próximos da média.

Note que o desvio padrão é expresso na mesma unidade de medida dos valores considerados.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}$$

Coeficiente de variação

O **coeficiente de variação** é também uma medida de dispersão que indica o quão longe, em geral, os valores estão da média.

Entretanto, este indicador é utilizado para dados expressos em diferentes unidades de medida, portanto, exclui a influência da ordem de grandeza.

Desta forma, é possível verificar qual população de dados expressos em unidades diferentes varia mais.

Expresso em porcentagem.

Quanto menor for o coeficiente mais homogêneo será o conjunto de dados.

$$C_v = 100 \times \frac{\sigma}{\mu}$$

Análise do desempenho de métodos heurísticos

Indicadores de desempenho

Para analisar a consistência/robustez de um algoritmo em relação a um conjunto de instâncias, podemos utilizar a taxa de sucesso.

Taxa de sucesso

$$\text{taxa de sucesso} = \frac{\text{número de execuções com sucesso}}{\text{número total de execuções}}$$

O *sucesso* pode ser definido como atingir a solução ótima, ou melhor solução conhecida.

Indicadores de desempenho

Quando os métodos utilizados possuem componentes de aleatoriedade, a cada execução para uma mesma instância podemos ter soluções e tempos de execução diferentes.

Assim, realizamos diferentes execuções independentes de um mesmo método para uma mesma instância, e podemos analisar:

- ▶ Resultados mínimo, médio, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação;
- ▶ Tempo mínimo, médio e máximo de execução, além do desvio padrão;
- ▶ Convergência média do algoritmo;
- ▶ Tempo exigido para geração de uma solução inicial, melhoria percentual obtida na qualidade da solução pela etapa de aprimoramento.

Indicadores de desempenho

Métodos baseados em diferentes componentes, como buscas locais ou heurísticas, devem ter seu desempenho analisado por componente:

- ▶ Valor da solução inicial;
- ▶ Tempo para geração da solução inicial;
- ▶ Melhoria percentual obtida por cada componente;
- ▶ Esforço computacional de cada componente;
- ▶ Interações entre componentes – complementaridade.

Cada componente deve ter sua necessidade sustentada por dados colhidos nos experimentos.

Arquivos de *log*

A saída produzida por um algoritmo deve ser cuidadosamente registrada em arquivos de log, apresentando tantos indicadores de desempenho quanto possível, bem como descrever com precisão a versão utilizada do algoritmo.

Estes arquivos permitem que sejam analisados o comportamento do algoritmo e a estrutura das soluções geradas para validá-las.

Devem ser criados arquivos de log individuais por instância e também arquivos de sumário que sintetizem os resultados para um conjunto de instâncias como um todo.

Análise do desempenho de métodos heurísticos

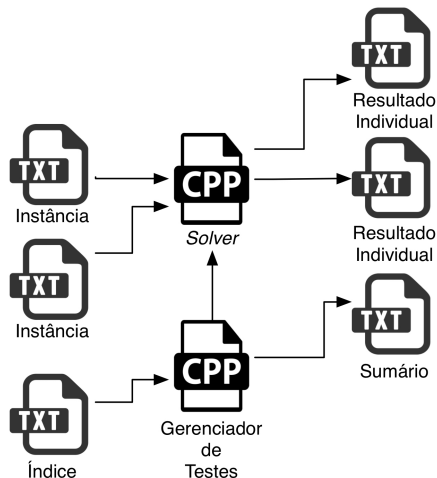


Figura: Esquema para realização de entrada de dados e geração de arquivos de log.

Arquivos de log individuais

Para cada arquivo de entrada, gera-se um arquivo de saída específico e individual contendo os dados da solução.

O nome do arquivo de saída deve fazer referência ao nome do arquivo de entrada, e.g. `metodoX_solucão_instanciaY.txt`.

Este arquivo pode ser utilizado por um validador externo para verificar se a solução é consistente com os demais dados e também para prover *insights* sobre como gerar boas soluções.

Arquivos de log individuais

O arquivo de saída deve conter:

- ▶ Número da execução (no caso de diferentes execuções independentes para uma mesma instância);
- ▶ Identificação do algoritmo;
- ▶ Parâmetros utilizados no algoritmo;
- ▶ Valor da função objetivo;
- ▶ Iteração em que a melhor solução foi obtida;
- ▶ Tempo de execução;
- ▶ Resultado do pré-processamento, se aplicável;
- ▶ Estrutura da solução, e.g., permutação dos elementos, matrizes, atribuições de elementos, etc.

Arquivos de log sintéticos

Para cada conjunto de instâncias, gera-se um arquivo de síntese de resultados, e.g., `metodoX_resumo_resultados_conjuntoY.txt`, para descrever o comportamento do método em relação ao conjunto como um todo.

Este arquivo pode conter, em cada linha:

- ▶ Nome da instância;
- ▶ Número da execução;
- ▶ Valor da função objetivo;
- ▶ Iteração em que a melhor solução foi obtida;
- ▶ Tempo de execução.

Arquivos de log sintéticos

Os dados do arquivo sintético podem ser utilizados posteriormente para geração dos demais dados, como médias, medianas, desvio padrão e coeficiente de variação.

Alternativamente, estes dados adicionais podem ser incluídos no próprio arquivo sintético.

Indicadores de métodos paralelos

Entre os indicadores mais utilizados em algoritmos paralelos estão a **aceleração** (ou *speedup*) e a **eficiência**.

Através desses indicadores é possível mensurar se um algoritmo é *escalável*, i.e., se a performance do algoritmo é proporcional ao número de unidades de processamento utilizadas.

Aceleração

Esse indicador consiste na divisão do tempo de execução do algoritmo utilizando somente uma unidade de processamento (t_1) pelo tempo gasto executando o mesmo algoritmo em n unidades de processamento (t_n).

$$s_n = \frac{t_1}{t_n}$$

Em situações, em que o algoritmo é não determinístico, a aceleração deve ser calculada utilizando as médias dos tempos, i.e.,

$$s_n = \frac{\overline{t_1}}{\overline{t_n}}$$

Eficiência

Este indicador mensura o quanto de cada unidade de processamento está sendo utilizada pelo algoritmo.

Calcula-se dividindo a aceleração obtida (s_n) pelo número de unidades de processamento utilizadas (n).

$$e_n = \frac{s_n}{n}$$

Uma eficiência de 100% significa que cada unidade de processamento está sendo utilizada em sua totalidade em todo o tempo.

Indicadores de métodos paralelos

Considerando métodos paralelos, ainda podem ser considerados:

- ▶ *Overhead*;
- ▶ Aceleração fraca;
- ▶ Aceleração forte;
- ▶ Eficiência incremental;
- ▶ Fração serial.

Dúvidas?

