

## Exercício Computacional 2: Otimização por Algoritmos Evolutivos

O Problema do Caixeiro Viajante (Traveling Salesman Problem, TSP). é um meta-problema bastante estudado em otimização. Dado um conjunto de cidades, juntamente com o custo de viajar entre cada par de cidades, deve-se encontrar uma sequência de visita a todas as cidades com custo mínimo de viagem.

Uma extensão deste problema é o Problema de Roteamento de Veículos (Vehicle Routing Problem, VRP). Assumindo um depósito na localização inicial, onde uma frota de veículos deve partir para entregar demandas de clientes em outras localizações, voltando depois ao depósito inicial, deve-se determinar para cada veículo a sequência (rota) de clientes a visitar para minimizar o custo total das rotas. Todo veículo inicia e termina sua rota no depósito. Cada cliente é visitado por somente veículo. Cada veículo realiza somente uma rota.

Vamos desenvolver soluções para o problema VRP, buscando minimizar o custo total das rotas. Cada cliente e o depósito estão localizados em pontos em um plano bi-dimensional de 500 por 500 pontos e são representados por suas coordenadas. A distância entre as localidades (clientes ou depósito) é igual à distância euclidiana entre os pontos, e esta distância é o custo de viagem entre duas localidades. O custo de cada rota é a soma dos custos entre os pontos da rota, e o custo total das rotas é a soma dos custos das rotas.

1. Desenvolva um visualizador de rotas que receba a quantidade  $N$  de clientes, a localização (coordenadas) de cada cliente e do depósito, a quantidade  $K$  de veículos, a sequência (rota) de clientes a visitar por cada veículo, e desenhe na tela as localidades como pontos e as rotas de cada veículo (cada rota de uma cor) como arcos entre os pontos. Deve exibir também o custo de cada rota e o custo total das rotas, além dos custos de cada arco.
2. Desenvolva um algoritmo evolutivo que busque soluções para o VRP. Elabore casos de teste com variações da posição e quantidade das localidades, assim como de veículos. Cada aluno deve contribuir com um caso de teste para formar nossa base mínima e comum de casos de teste que todos devem utilizar.

Uma variação do VRP é o CVRP (Capacitated Vehicle Routing Problem), no qual cada veículo  $i$  tem uma capacidade máxima  $D_i$  e cada cliente tem uma demanda  $d$ . A soma das demandas de cada rota deve ser menor que a capacidade de cada veículo. As capacidades dos veículos podem ser iguais (homogêneo) ou diferentes (heterogêneo).

3. Faça uma extensão do seu visualizador para receber as informações de capacidade de cada veículo e a demanda de cada cliente e para exibir a capacidade e demanda total de cada rota, assim como a demanda de cada cliente.
4. Desenvolva um algoritmo evolutivo para o CVRP. Elabore casos de teste e contribua com um caso de teste para nossa base mínima e comum de casos de teste.

É **obrigatório:**

- Seguir a especificação acima.
- Avaliar o desempenho dos seus algoritmos para ao menos cada caso de nossa base comum.
- Realize múltiplas execuções para cada caso (mínimo de 3)
- Acompanhar o fitness do melhor indivíduo e o fitness médio da população.
- Realizar variações nos operadores de variação e no procedimento de seleção..
- Mostrar o resultado gráfico bidimensional das rotas para a melhor solução para alguns casos de teste.
- Discutir e explicar os resultados.

Elabore um relatório (de 6 a 8 páginas, formato SBC) com as seções de Introdução, Metodologia e Resultados. Seu relatório deve ser entregue por email (aulas+pgca009@artificial.eng.br) e será apresentado em sala de aula.

Veja a seguir o que deve conter cada seção.

Relatório do Exercício Computacional:

Introdução: apresente brevemente o contexto de algoritmos evolutivos e o problema.

Metodologia: descreva seu procedimento experimental e justifique (porque fez suas escolhas):

- descreva ferramentas, linguagem de programação e/ou bibliotecas utilizadas;
- apresente seu algoritmo evolutivo, indicando a representação (codificação) das soluções, a função de fitness, o processo de geração da população inicial, os procedimentos de seleção, os procedimentos de variação (operadores genéticos), a estratégia para lidar com soluções inválidas (se for o caso) e o critério de parada;
- descreva as variações de procedimentos e parâmetros realizados no algoritmo, justificando suas escolhas;
- apresente o conjunto de casos de teste utilizados para avaliar seu algoritmo;

Nos Resultados:

- apresente os resultados em forma de tabela apresentando as condições (variações utilizadas) de cada execução do algoritmo para cada caso de teste e seu resultado final (médias e desvio padrão da execução em cada condição);
- discuta a tabela de resultados buscando explicar porque foram obtidos estes resultados;
- escolha algumas das execuções para mostrar a evolução (fitness do melhor indivíduo e o fitness médio da população) das soluções ao longo das épocas;
- discuta estes gráficos buscando explicar o que ocorreu.