Instituto Federal de Minas Gerais
Campus Bambuí
Departamento de Engenharia e Computação
Engenharia de Computação
Inteligência Artificial - Prof. Dr. Ciniro Nametala

Trabalho 3 - Inteligência de Enxames para Funções Complexas

Esse é o terceiro trabalho prático da disciplina de Inteligência Artificial. Ela terá foco em algoritmos evolucionários que envolvem o uso de técnicas baseadas em inteligência de enxame.

Vamos ao problema:

- Você deve desenvolver um *Particle Swarm Optimization* (PSO) capaz de encontrar o conjunto ótimo x^* levando em conta a função Rastrigin com restrições e n dimensões mostrada na Equação 1. Qualquer solução que viole qualquer uma das restrições deve ser descartada ou penalizada. O espaço de busca deve variar no intervalo $[-5.12, 5.12]$, logo, soluções que possuam valores fora desse intervalo serão consideradas inválidas.

$$\begin{aligned}
&\min && f(\boldsymbol{x}) = 10n + \textstyle\sum_{i=1}^{n}\left[x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i)\right] && \forall\ -5.12 \le x_i \le 5.12 \\
&\text{sujeito } a: && g(x) = \operatorname{sen}(2\pi x_i) + 0,5 \le 0 && \forall\, i = 1, 2, \ldots, n \\
& && h(x) = \cos(2\pi x_i) + 0,5 = 0 && \forall\, i = 1, 2, \ldots, n
\end{aligned} \tag{1}$$

- Veja o mapeamento do espaço no círculo trigonométrico mostrado na Figura 1. A curva em cor vermelha identifica a faixa de ângulos $2\pi x_i$ que satisfazem a restrição de desigualdade $g(x)$. Ambas as linhas em azul identificam os ângulos que satisfazem a restrição de igualdade $h(x)$. Entretanto, somente o ângulo indicado pela linha azul pontilhada satisfaz às restrições de igualdade e desigualdade ao mesmo tempo, sendo esta a solução ótima. O PSO deverá encontrar este ponto que corresponde a $2\pi x_i$ com $x_i = -\frac{1}{3}$, ou seja, $2\pi\left(-\frac{1}{3}\right)$. A solução em um espaço multidimensional deverá ser $x^* = \left\{-\frac{1}{3}, -\frac{1}{3}, -\frac{1}{3}, \ldots, -\frac{1}{3}\right\}$.

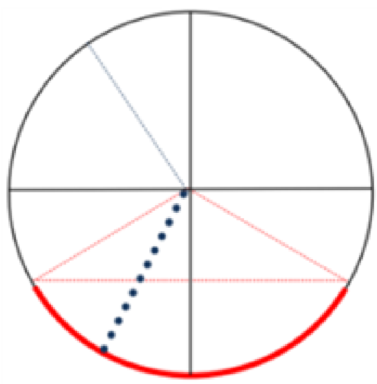

Figura 1: Ponto ótimo indicado num plano 2D.

Como de costume você deverá preparar a sua implementação e um relatório contendo de 2 a 4 páginas. Os resultados do algoritmo serão discutidos em sala no dia 23/11/2023. O relatório deverá ser entregue até o dia 30/11/2023. É **obrigatório** o uso do modelo disponibilizando no AVA. São requisitos dessa atividade:

a) O algoritmo deverá ser implementado obrigatoriamente utilizando-se linguagem R, Python ou Octave com uma semente fixa.

b) Depois de implementar, faça vários testes para encontrar a melhor parametrização sendo que o algoritmo deverá iniciar com população gerada aleatoriamente segundo distribuição uniforme e exibir ao final de sua execução o seguinte:

   a. Melhor indivíduo encontrado ao longo de todas as gerações[1].

   b. Fitness do melhor indivíduo encontrado ao longo de todas as gerações[2].

   c. Gráficos:

      i. Fitness do melhor indivíduo de cada população, geração a geração.

      ii. Média da fitness dos indivíduos de cada população, geração a geração.

      iii. Desvio padrão da fitness dos indivíduos de cada população, geração a geração.

c) Após realizar os testes do item anterior e definir uma parametrização que você julgar adequada, mantenha os valores fixados e execute o algoritmo 20 vezes. Levando em conta as 20 execuções, calcule a média e desvio padrão da fitness apenas dos melhores indivíduos encontrados em cada uma das 20 execuções.

c) Reporte no relatório apenas os resultados dos itens (a) e (b) relacionados a melhor parametrização que você encontrou.

e) Verifique e comente no relatório o que acontece quando o número de dimensões n é aumentado?

f) Você pode adicionar novos recursos ao algoritmo ou usar a versão padrão, em todo caso, comente as estratégias utilizadas, os efeitos delas e os valores de parametrização selecionados.

g) É **terminantemente proibido o uso de qualquer pacote pronto** para realizar o trabalho que o algoritmo faria. Você pode utilizar pacotes para exibir gráficos e outras tarefas rotineiras, apenas. O algoritmo deve ser implementado do zero.

h) O total de dimensões n do problema deve ser configurável, no entanto, procure testá-lo com 5 dimensões. Este é o número de dimensões que será utilizado na avaliação em sala.

---

[1] No caso, vetor x com menor fitness encontrado ao longo de todas as gerações. Deve ser o mais próximo possível de $x^* = \left\{-\frac{1}{3}, -\frac{1}{3}, -\frac{1}{3}, \ldots, -\frac{1}{3}\right\}$

[2] A fitness aqui é a distância para o ponto ótimo, ou seja, $\sum_{i=1}^{n}[x_i - (-\frac{1}{3})] = 0$.