

Algoritmos Genéticos

Carolina Ribeiro Xavier

Setembro de 2020

1 O que são algoritmos genéticos?

Algoritmos genéticos são algoritmos de busca baseados na mecânica da seleção natural e na genética natural, inspirado na teoria da evolução apresentado por Charlin Darwin 1.

Segundo Darwin, os indivíduos mais adaptados ao meio possuem mais chances de propagar suas características, assim, seus hábitos também são passados para novas gerações e acabam por causar uma melhoria na espécie, um exemplo de evolução de espécie é a evolução do próprio *homo sapiens*, como ilustra a Figura 2.

Os algoritmos genéticos usam estratégias elitistas de sobrevivência dos indivíduos mais aptos e usam fragmentos desses indivíduos para formação de novos indivíduos para próxima geração. Esses algoritmos são genéricos o bastante para resolver problemas de naturezas diferentes, em geral, são promissores para resolver problemas que não possuem soluções analíticas simples e que uma boa aproximação é satisfatória para o usuário.

É um algoritmo que trabalha com um conjunto de soluções candidatas, esse conjunto é denominado população, cada indivíduo dessa população possui uma codificação de uma solução candidata do problema a ser tratado. Esses indivíduos são submetidos a um cálculo de aptidão (fitness) que é realizado por uma função objetivo, essa função mapeia a codificação nos parâmetros que se deseja ajustar através do AG e calcula o quão próxima a solução candidata está da solução desejada. Tanto a codificação quanto a função podem ser diretas ou necessitar de funções auxiliares de mapeamento.

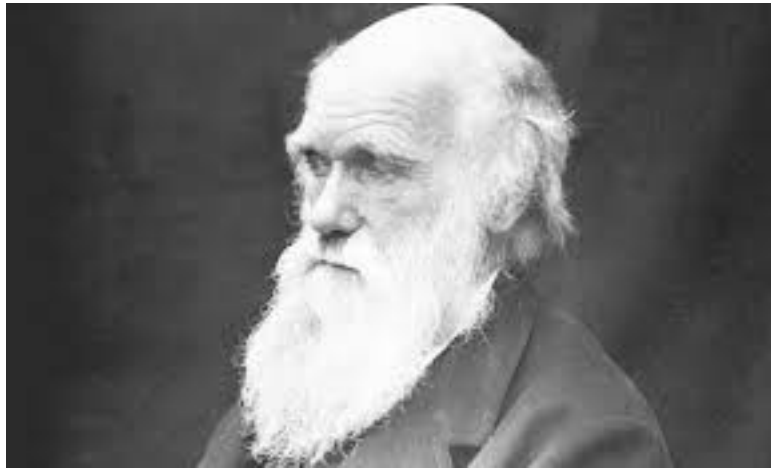


Figure 1: Charles Darwin

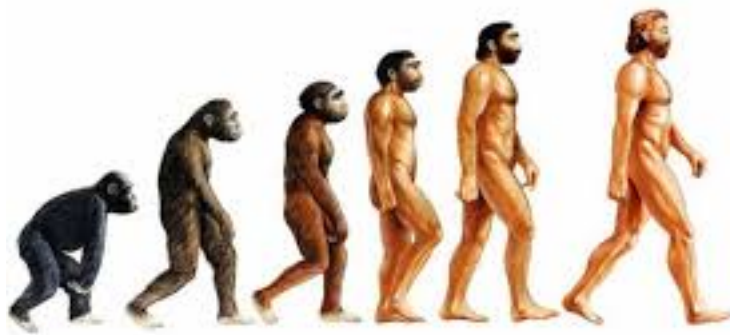


Figure 2: Fases da evolução do *Homo Sapiens*

2 Pseudocódigo

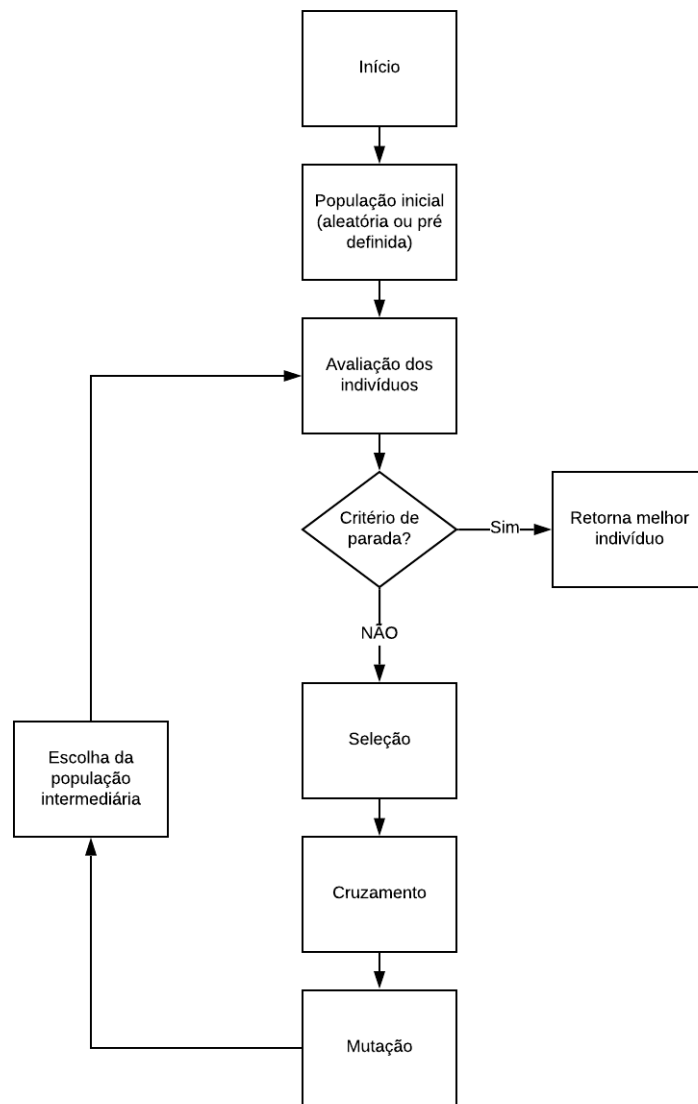


Figure 3: Fluxograma de um algoritmo genético básico

3 Questões de projeto

Existem várias questões que podem mudar de acordo com o problema a ser resolvido, as mais importantes são as questões relativas à função objetivo escolhida e a representação, sendo que a segunda reflete na implementação de detalhes de todos os operadores genéticos. Os principais focos de mudança são listadas a seguir:

- Função objetivo;
- Tipo de representação;
- Estratégia de seleção;
- Taxa de cruzamento;
- Taxa de mutação;
- Operadores genéticos;
- Elitismo

Valores como tamanho da população e número máximo de gerações do AG também devem ser testados para verificar o melhor cenário para solução do problema que se quer resolver.

3.1 Função objetivo

A função objetivo é uma função que avalia a proximidade do indivíduo da solução do problema, esta função pode ser de maximização ou de minimização, pode envolver ajuste de uma curva ou a escolha de uma ordem mais apropriada para dispor um conjunto de elementos. O valor retornado é chamado de fitness ou aptidão do indivíduo, característica importante para seleção de pais e estratégias de reposição da população.

$$f(x) = -20\epsilon^{-0.2}\sqrt{\frac{1}{n}\sum x_i^2} - \epsilon\frac{1}{n}\sum \cos(2\pi x_i) + 20 + \epsilon \quad (1)$$

A Equação 1 é um exemplo de função que pode ser ajustada por um AG e sua forma nos dá o mapeamento direto do valor da função para o valor de aptidão.

3.2 Tipo de representação

Dependendo da função objetivo e do espaço de busca das variáveis alvo, os tipos de representação podem variar. Muitas vezes a escolha da representação pode criar a necessidade de mapeamento da codificação do indivíduo no parâmetro a ser encontrado propriamente dito.

Para problemas de ajuste de parâmetros, por exemplo, podemos usar um vetor números reais, que relembram exatamente a variável que queremos encontrar,

ou uma representação por códigos binários, que aplicando alguma função de transformação mapeia o código de um indivíduo em um valor possível para a variável alvo.

para $n = 2$ na 1 teríamos duas variáveis a serem ajustadas, escolhermos a representação real, o indivíduo do AG seria um vetor de duas posições do tipo real, daí cada posição é exatamente a solução candidata.

Caso a escolha fosse por uma representação binária ainda teríamos que escolher o número de bits para cada uma das variáveis e uma função para transformar o código binário no número real correspondente. Observe que nesse caso estaríamos discretizando o nosso espaço.

Um exemplo desse mapeamento é dado pela 2, que representa 64 possibilidades de valores para uma variável a princípio contínua com o intervalo possível no espaço de busca de 0,5 à 110. O valor 000000 representa o limite inferior da variável $x_{min} = 0,5$, o valor 111111 representa o valor superior da mesma $x_{max} = 110$.

$$x = x_{min} + \frac{(x_{max} - x_{min})}{2^n - 1} * INT(bin) \quad (2)$$

onde n é o número de bits utilizado e $INT(bin)$ é a função que transforma um código binário em um número inteiro.

$$INT(bin) = \sum_{i=0}^n 2^i * bin[i] \quad (3)$$

3.3 Estratégia de seleção

Um operação importante que antecede todas as outras é a seleção de pais. Nessa primeira implementação utilizaremos a mais simples, o torneio.

No torneio selecionamos dois indivíduos aleatoriamente na população, comparamos a aptidão de ambos e o melhor será selecionado como o primeiro dos pais para compor o cruzamento. Em seguida repetimos o processo excluindo o que já fora selecionado, tendo dois pais escolhidos submetemos esses indivíduos ao cruzamento.

3.4 Taxa de cruzamento

O cruzamento é uma operação muito importante para intensificação do espaço de busca, ele acontece entre dois indivíduos selecionados por algum critério.

A cada geração do AG um novo conjunto de indivíduos é gerado para substituir parte ou toda população de indivíduos da geração anterior, uma parte desse indivíduos são gerados através das operações de cruzamento, para isso é preciso definir a taxa que essa operação deve ocorrer.

Valores comuns para essa taxa variam de 60% a 100%.

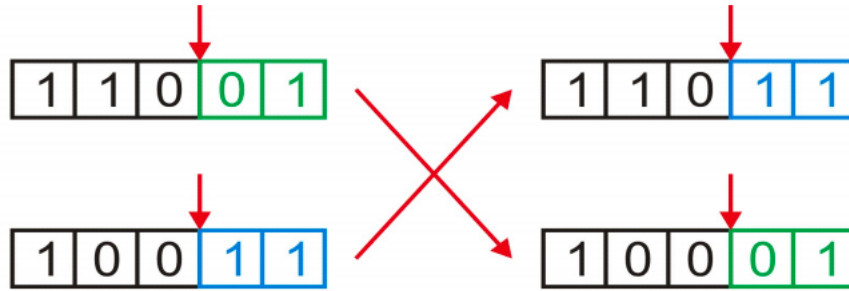


Figure 4: Cruzamento de um ponto

3.5 Taxa de mutação

A operação de mutação tem o papel de diversificação da população, muitas vezes os indivíduos ficam presos a ótimos locais e precisam de uma perturbação maior para que seja possível escapar desses locais.

Após a aplicação do operador de cruzamento, o operador de mutação é aplicado. Para cada indivíduo (por vezes para cada gene do indivíduo) da população é sorteado um valor entre 0 e 1, caso esse valor seja menor ou igual a taxa de mutação estipulada o indivíduo (ou seu gene) é mutado.

Para isso é preciso fixar uma taxa de mutação ou alguns critérios de como ela pode variar durante a execução do algoritmo.

Valores comuns para essa taxa não costumam ultrapassar 20%, sendo mais comuns valores de 1% a 10%.

3.6 Operadores genéticos

O cruzamento mais comum para representação por códigos binários é o cruzamento de n pontos. Nesse tipo de cruzamento são gerados, em geral, dois filhos para compor a nova população. Um exemplo de cruzamento de 2 pontos pode ser ilustrado pela Figura 4.

Após a etapa de cruzamento, os indivíduos da população intermediária podem ser somente indivíduos novos, ou caso a taxa de cruzamento seja diferente de 100%, pode ser ainda indivíduos de outras gerações. Esses indivíduos estarão sujeitos a sofrer mutação de seus genes.

A mutação mais comum para representação por códigos binários envolve somente a inversão do bit que foi sorteado para ser mutado. Um exemplo da aplicação dessa operação pode ser ilustrada pela Figura 5.

3.7 Elitismo

O elitismo é uma estratégia de manutenção da(s) melhor(es) solução(ões) através das gerações. Essa estratégia deixa a solução do algoritmo mais elegante, pois



Figure 5: Muta  o por inversão de bits

a curva de convergência se torna, no mínimo, monótona, não oscilando quanto a aproxima  o da soluço desejada.

4 Implementa  o

Agora vamos implementar um AG simples com representa  o binária dos parâmetros reais da fun  o da Equa  o 1 de acordo com o fluxograma da Figura 3. Para isso você deve escolher a dimensão da fun  o, a precisão de cada um dos parâmetros (pode ser a mesma para todos, sugestão 6 bits) e o intervalo de busca para cada um dos parâmetros (sugestão de -2 a 2).

A seguir você deve definir a estrutura de dados que você irá armazenar os indivíduos e seus respectivos valores de fitness, além de uma fun  o que transforme a codifica  o do indivíduo nos parâmetros da fun  o.

Outros valores a serem definidos são:

- Tamanho da popula  o;
- Número máximo de gera  es a serem executadas;
- Critério de sele  o de pais (sugestão - torneio)
- Taxa de cruzamento (sugestão - 100%)
- Taxa de muta  o (sugestão 10%)
- Sugere-se usar o elitismo, que compreende a sobrevivência do melhor indivíduo para gera  o seguinte.