

META-HEURÍSTICAS

CCF-480

Prof. Dr. Marcus Henrique Soares Mendes
marcus.mendes@ufv.br
UFV - Campus Florestal

<http://lattes.cnpq.br/9729345585563115>

Roteiro

2

- Algoritmos Genéticos.
 - ▣ Seleção dos pais para reprodução.
 - ▣ Seleção truncada.
 - ▣ Decimação.
 - ▣ Seleção proporcional ao fitness.
 - ▣ Seleção baseada em ranking.
 - ▣ Seleção por torneio.
 - ▣ Seleção para a sobrevivência.
 - ▣ Modelo geracional.
 - ▣ Modelo estacionário
 - ▣ Outros modelos.
 - ▣ Elitismo.

Algoritmos Genéticos

3



Fonte: Adaptado da referência (1).

marcus.mendes@ufv.br

Seleção de Pais para Reprodução

4

- O método de seleção de pais deve **simular** o mecanismo de **seleção natural**.
- Em geral, são operadores estocásticos e **que tendem a favorecer** as soluções mais **bem avaliadas** da população.
- **Guia** a população de indivíduos para as **regiões mais promissoras** do domínio de busca do problema.
- A operação de seleção de pais para a reprodução introduz a influência da função **fitness** como força de **pressão seletiva** no algoritmo genético.
- **A pressão seletiva** afeta o equilíbrio entre **exploração** e **intensificação** do algoritmo genético.

Seleção de Pais para Reprodução

5

- Princípios básicos de um operador de seleção para a reprodução:
 - ▣ Indivíduos mais aptos têm maior probabilidade de se reproduzirem.
 - ▣ Os indivíduos menos aptos possuem alguma probabilidade de se reproduzirem (visa gerar **diversidade genética**).
 - ▣ Não deve ser baseada apenas no melhor indivíduo.
- Existem diversos procedimentos para realizar a seleção de pais para reprodução, por exemplo:
 - ▣ Seleção truncada.
 - ▣ Decimação.
 - ▣ Seleção proporcional ao fitness.
 - ▣ Seleção baseada em ranking.
 - ▣ Seleção por torneio.

Seleção Truncada

6

- Os indivíduos são **ordenados** de forma **decrecente** de acordo com sua avaliação.
- Apenas os **melhores α % indivíduos** da população poderão ser escolhidos como pais da próxima geração.
- **O valor α** é um parâmetro do algoritmo que controla a **pressão de seleção**.
 - ▣ Valores usuais para α estão no intervalo [10%, 50%].
- **Características:**
 - ▣ Simples implementação.
 - ▣ Garante que o melhor indivíduo será selecionado.
 - ▣ Determinístico.
 - ▣ Requer método de ordenação.
 - ▣ Elimina características únicas das soluções com baixo valor de fitness.

Decimação

7

- Indivíduos que apresentem valores de **fitness menores** que um **limiar** são **eliminados**.
 - ▣ Por exemplo: o valor do limiar pode ser obtido de acordo com a média dos valores de fitness dos indivíduos da população.
$$\phi_{limiar} = 0.80\phi_{media}$$
 - ▣ Alternativamente, pode-se utilizar:
$$\phi_{limiar} = \phi_{min} + \alpha(\phi_{max} - \phi_{min}) , 0 < \alpha < 1$$
 - Para $\alpha=0$, todos os indivíduos são selecionados.
 - Para $\alpha=1$, somente o melhor indivíduo é selecionado. O parâmetro α controla a pressão de seleção.
- Características
 - ▣ Implementação **simples**.
 - ▣ Garantia que o **melhor indivíduo** será **selecionado**.
 - ▣ É **determinística** e **depende** do **limiar** escolhido.
 - ▣ Elimina características únicas das soluções com baixo valor de fitness.

Seleção Proporcional ao Fitness

8

- Chamada de **roleta**.
- É o procedimento de seleção **mais popular** em algoritmos genéticos.
- Cada indivíduo recebe uma **probabilidade** de seleção **proporcional** ao seu valor de **fitness** dada por:

$$p(\text{select } i) = \frac{f_i}{\sum_{j \in P} f_j}$$

Sendo P o conjunto de indivíduos na população. Assume-se que a função f é positiva e que o fitness deve ser maximizado.

Seleção Proporcional ao Fitness

9

Roleta

Indivíduo	Avaliação
1	4
2	11
3	15
4	34
Total	64



■ 1 ■ 2 ■ 3 ■ 4

Seleção Proporcional ao Fitness

10

Início

T = soma dos valores de aptidão de todos os indivíduos da população

Repita n vezes para selecionar n indivíduos

r = valor aleatório entre 0 e T

Percorra sequencialmente os indivíduos da população,
acumulando em S o valor de aptidão dos indivíduos já percorridos

Se $S \geq r$ então

 Selecione o indivíduo corrente

 Fim se

 Fim Repita

Fim

Fonte: Referência (1).

Seleção Proporcional ao Fitness

11

□ Vantagens

- ▣ Indivíduos **ruins têm alguma chance** de serem selecionados para reprodução.
- ▣ **Simple** implementação.

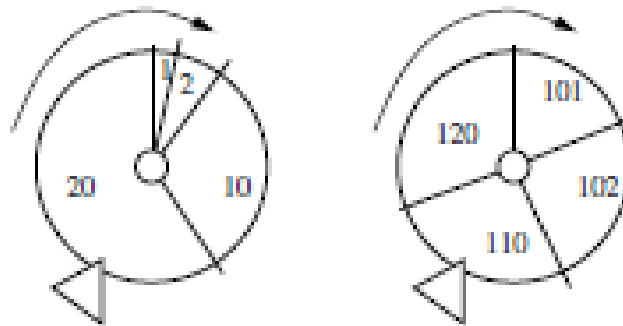
□ Desvantagens

- ▣ Possibilidade de gerar **superindivíduo**.
- ▣ **Perda de pressão de seleção** no fim do processo evolutivo.
 - Pequenas diferenças no valor do fitness podem não fazer muita diferença.
 - Perde capacidade de diferenciar os indivíduos da população.
 - Seleção torna-se praticamente uniforme/aleatória.

Seleção Proporcional ao Fitness

12

- A roleta é **sensível à escala** dos valores da fitness.
 - ▣ Suponha os valores $\{1,2,10,20\}$ na população. Caso seja adicionada uma constante $c=100$ na nossa função fitness as probabilidades de seleção mudam radicalmente.
- Tenha cuidado ao projetar a função fitness.



Fonte: Referência (3).

Seleção Baseada em Ranking

13

- Os indivíduos são **ordenados** de acordo com o seus valores de fitness, **do pior para o melhor**.
- A probabilidade de seleção é dado por:

$$p(\text{select } i) = \frac{R_i}{\sum_{j \in P} R_j}$$

- Sendo R_i o rank do i -ésimo indivíduo da população P , com o pior indivíduo tendo rank=1 e o melhor rank= $|P|$.

Seleção Baseada em Ranking

14

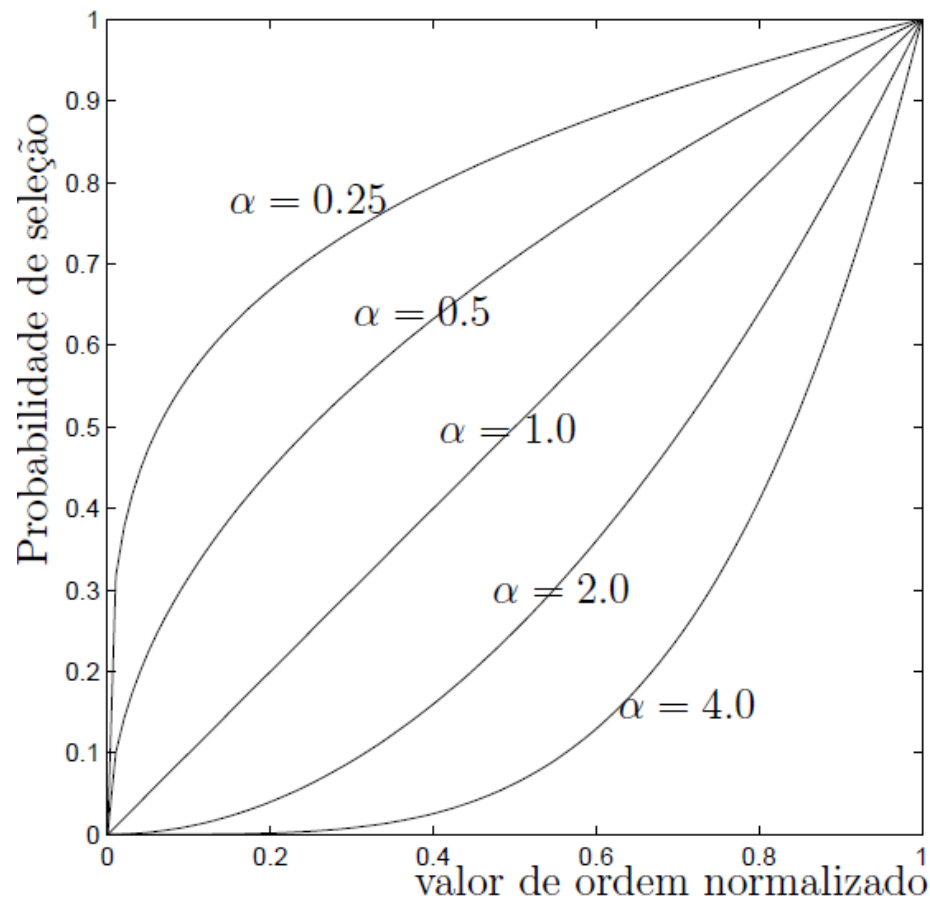
- Há uma relação de **escala linear** entre a probabilidade de seleção do indivíduo e o seu ranking.
- Para fornecer **pressão de seleção**, pesquisadores definiram **escalas não lineares**.
- Para isso, os valores do ranking são **normalizados** para o intervalo $[0,1]$. Depois, atribuem-se as probabilidades de seleção de acordo com:

$$p_i = [R_i]^\sigma$$

- $\alpha=1$ tem-se a escalar linear.
- $\alpha > 0, \alpha \neq 1$ tem-se relação de escalas não lineares.

Seleção Baseada em Ranking

15



Fonte: Referência (2).

$\alpha < 1$, **reduz a pressão seletiva** (mais indivíduos da população têm probabilidade de seleção próxima de um)

$\alpha > 1$, **aumentam a pressão seletiva** (somente os melhores indivíduos da população têm probabilidade de seleção mais altas)

Seleção Baseada em Ranking

16

- Vantagens
 - ▣ Resolve as principais dificuldades da roleta.
- Desvantagens
 - ▣ Adiciona complexidade computacional, pois é **necessário ordenar** os indivíduos.
 - ▣ E se tiver indivíduos com valores idênticos de fitness?

Seleção por Torneio

17

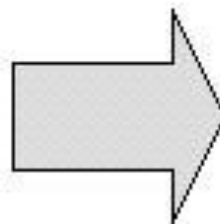
- É uma das **mais utilizadas** em algoritmos genéticos.
- Seleccionamos aleatoriamente T indivíduos da população, com reposição.
 - Valor mínimo de T é igual a 2 (torneio binário).
- Fazemos com que eles entrem em **competição direta** de acordo com seus valores de fitness.
- Empates são resolvidos aleatoriamente.
- **Pressão de seleção** é controlada de acordo com o **tamanho do torneio T** .
 - Tamanho do torneio de 2 ou 3 são, em geral, muitos bons na prática.

Seleção por Torneio

18

□ Exemplo para $T=3$

Indivíduo	Fitness
x_1	200
x_2	100
x_3	9500
x_4	100
x_5	100
x_6	10000
x_7	1
x_8	40



Torneios		
x_1	x_7	x_8
x_2	x_3	x_5
x_6	x_4	x_4
x_2	x_7	x_1
x_5	x_5	x_5
x_3	x_4	x_2
x_4	x_2	x_6
x_4	x_6	x_5

Fonte: Referência (4).

Seleção por Torneio

19

```
Tournament_Selection( population P ) {  
  best = contestant[1] = randomly_select_from( P )  
  for ( j = 2 to T_size )  
    contestant[ j ] = randomly_select_from( P )  
    if ( f(contestant[ j ]) > f(best) )  
      best = contestant[j]  
  return best  
}
```

Fonte: Adaptado da referência (3).

Seleção por Torneio

20

□ Vantagens

- Assim como a seleção baseada em ranking é **invariante a mudança de escala** nos valores de fitness.
- Mais fácil de implementar e computacionalmente eficiente que a seleção baseada em ranking.
- Permite o controle da pressão de seleção.

Seleção para Sobrevivência

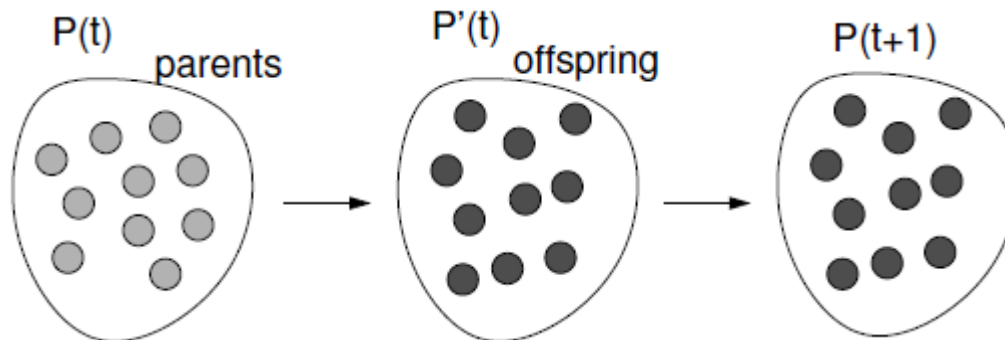
21

- Define quais indivíduos, dentre os pais selecionados e o filhos gerados, **sobreviverão** para a **geração seguinte**.
- Estratégias:
 - ▣ Modelo geracional.
 - ▣ Modelo estacionário.
 - ▣ Entre outras.

Seleção para Sobrevivência

22

- Modelo Geracional.
 - ▣ Os filhos substituem os pais.
 - ▣ **Não há competição** entre pais e filhos.

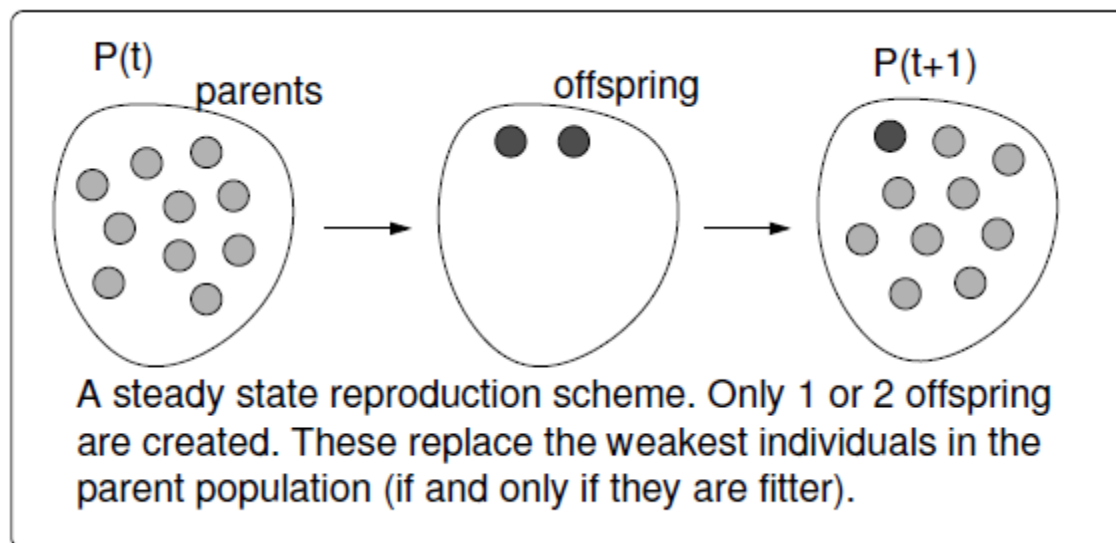


Fonte: Referência (3).

Seleção para Sobrevivência

23

- Modelo Estacionário (steady state).
 - ▣ Seja μ a quantidade de pais.
 - ▣ Geram-se λ filhos, tal que $\lambda < \mu$.
 - ▣ Os **filhos** gerados **substituem parte dos pais** de acordo com **algum critério**.



Seleção para Sobrevivência

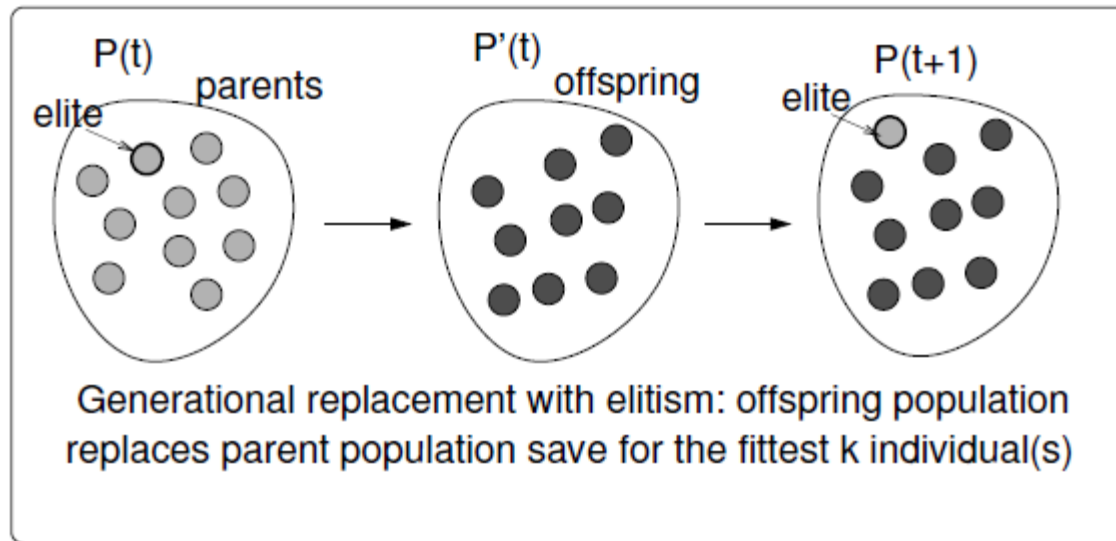
24

- Outras formas:
 - ▣ Substituir aleatoriamente.
 - ▣ Substituir o menos apto.
 - ▣ Agrupar pais e filhos numa única população de tamanho $\mu + \lambda$, tal que $\lambda \leq \mu$.
 - Usar algum mecanismo de seleção para escolher μ indivíduos que serão preservados para a geração seguinte.

Elitismo

25

- Não há garantia que a melhor solução seja passada para a geração seguinte.
- O(s) k melhor(s) indivíduo(s), conhecidos como elite, são preservados para a próxima geração.
- No exemplo abaixo, tem-se $k=1$.



Fonte: Referência (3).

marcus.mendes@ufv.br

Referências Bibliográficas

26

- Principais referências bibliográficas desta aula:
 - ▣ 1) João A. Vasconcelos. Notas de aula. UFMG, 2011.
 - ▣ 2) Jaime Ramírez et al. Notas de aula. UFMG, 2013.
 - ▣ 3) Joshua Knowles. Notas de aula. University of Manchester, 2014.
 - ▣ 4) Ricardo Linden. Algoritmos Genéticos. Ciência Moderna, 2012. www.algoritmosgeneticos.com.br