



Computação Evolutiva

Aula 3 – O que é um Algoritmo Evolutivo?

Prof. Paulo Salgado



Hoje vamos ver...

- Complemento da Metáfora Evolutiva
- Esquema Básico de um Algoritmo Evolutivo (AE)
- Conceitos Básicos:
 - Reprodução; Evolução;
 - População; Seleção;
 - Recombinação; Mutação;
 - Seleção por Sobrevivência;
 - Terminação



Complementação da Metáfora Evolutiva

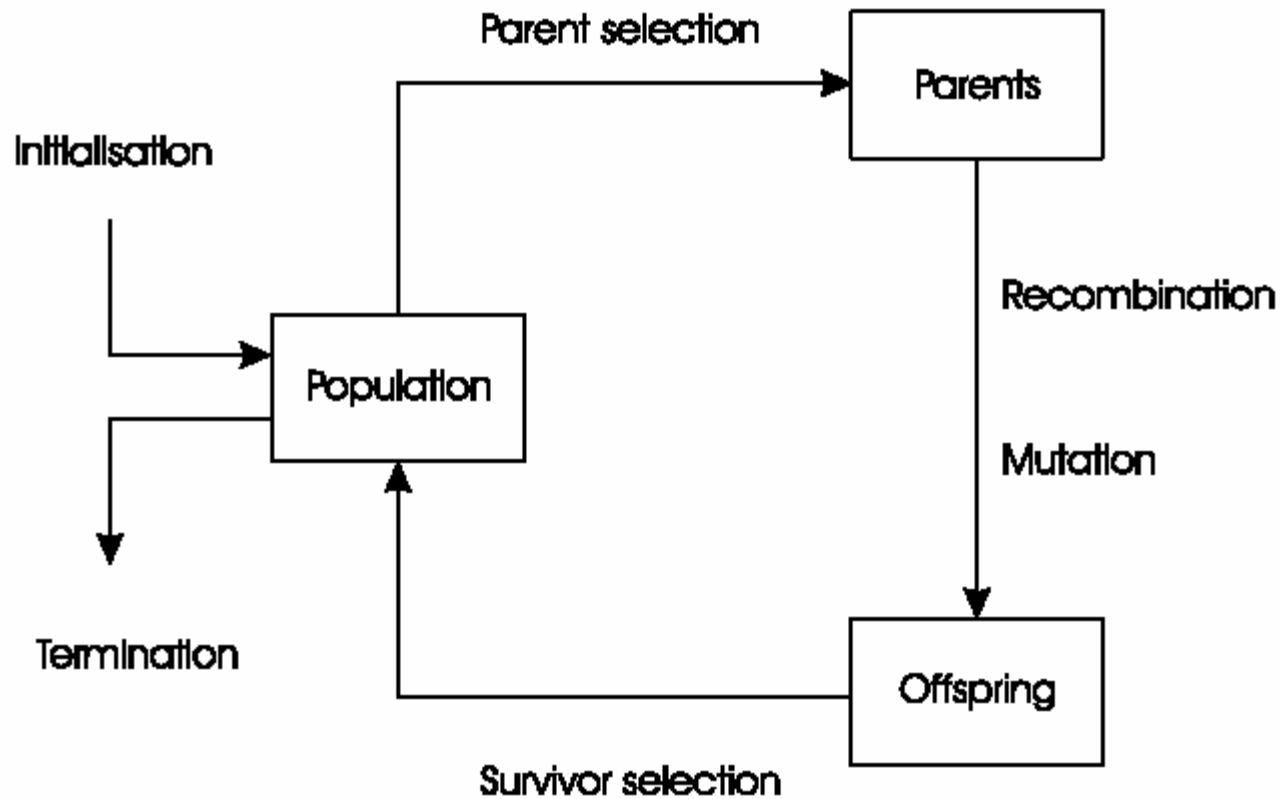
- Uma população de indivíduos existe em um ambiente com fontes limitadas
- A **competição** por estas fontes causa a **seleção** dos indivíduos que melhor se adaptam ao ambiente
- Estes indivíduos atuam como sementes para as novas gerações através de **recombinação e mutação**
- Os novos indivíduos têm seus fitness avaliados e competem (inclusive com seus pais) pela sobrevivência
- A **Seleção Natural** causa um aumento no **fitness** da população.



Complementação 2

- Os AEs estão na categoria dos algoritmos de **geração e teste**
- Os AEs são **estocásticos e baseados em população**
- Os **Operadores de Variação** (ou operadores genéticos – recombinação e mutação) criam a diversidade da população
- A **Seleção** reduz a diversidade e atua com a força propulsora para a **qualidade**

Esquema Geral dos AEs





Pseudo-código Típico dos AEs

```
BEGIN
  INITIALISE population with random candidate solutions;
  EVALUATE each candidate;
  REPEAT UNTIL ( TERMINATION CONDITION is satisfied ) DO
    1 SELECT parents;
    2 RECOMBINE pairs of parents;
    3 MUTATE the resulting offspring;
    4 EVALUATE new candidates;
    5 SELECT individuals for the next generation;
  OD
END
```



Tipos de AEs

- Historicamente, diferentes representações de soluções têm sido associadas com vários AEs
 - String Binárias: **Algoritmos Genéticos**
 - Vetores de Reais: **Estratégias Evolutivas**
 - Máquina de Estados Finitos: **Programação Evolutiva**
 - Árvores: **Programação Genética**



Diferenças entre os tipos de AEs

- Dos tipos de AEs apresentados no slide passado
 - Conceitualmente, as diferenças são bastante irrelevantes
 - Já para a técnica de implementação, as diferenças são bem relevantes
 - Cada uma das técnicas tem uma representação distinta que deve se adequar ao problema
 - A escolha dos operadores de variação deve se adequar as representações escolhidas
- Os operadores de seleção em todos os casos usam apenas informações do **fitness** e são independentes das representações.



Representações

- Dado um problema que será abordado por um AE
 - Uma **solução candidata** (indivíduo) existe em um **espaço fenotípico** (ou espaço de indivíduos)
 - Os indivíduos são codificados em **cromossomos**, os quais geram um **espaço genotípico**
 - Codificação: fenótipo \rightarrow genótipo (não necessariamente 1 para 1)
 - Decodificação: genótipo \rightarrow fenótipo (necessariamente 1 para 1)
 - Os cromossomos contêm genes, os quais são posições (usualmente fixadas) chamadas de **locus**, tendo um determinado **valor**
 - **De forma a garantir um ótimo global, toda possível solução deve ser representada no espaço genótipo**



Função de Avaliação - Fitness

- Representa as condições as quais a população deve se adaptar
- Representa a **função qualidade** ou **função objetivo**
- Assinala um valor real para o **fitness** (ou adaptação) de cada fenótipo, formando o critério base para a seleção
 - Quanto maior o poder de discriminação melhor



Função de Avaliação - Fitness

- Tipicamente, quando se fala em fitness deseja-se uma maximização
 - Ex.: Imagine que deseja-se medir a qualidade de uma solução através de um ERRO. Assim,

$$fitness = \frac{1}{1 + ERRO}$$

quanto maior a função **fitness**, melhor a solução



Função de Avaliação - Fitness

- Porém, pode-se ter,

$$fitness = \text{ERRO}$$

em que quanto menor a função de fitness, melhor é a solução

- **Contudo a primeira forma é bem mais intuitiva, já que a função de fitness é associada com a qualidade da solução**



População

- É um conjunto de possíveis soluções
- Usualmente tem um tamanho fixado e é um multi-conjunto de genótipos
- Alguns AEs sofisticados também consideram estruturas espaciais sobre a população, e.g., uma grade
 - Este tipo de característica é muito comum quando o AE está sobre uma arquitetura paralela de processamento.



População

- Os operadores de seleção usualmente utilizam unicamente informações da população
 - As probabilidades de seleção são referentes à geração atual
- A **diversidade** de uma população refere-se ao diferente número de fitness, fenótipos e genótipos presentes



Mecanismo de Seleção dos Pais

- Assinala a probabilidade dos indivíduos atuarem como pais, o que depende dos seus respectivos **valores de Fitness**
 - **Quanto mais apto, maior o poder de reprodução**
- O mecanismo de seleção é usualmente probabilístico
 - As melhores soluções tem maiores chance de se tornarem pais do que as soluções de baixa qualidade
 - Porém, **nenhum indivíduo tem probabilidade zero de seleção!**
- A **natureza estocástica** deste processo auxilia na fuga de máximos locais



Operadores de Variação

- **Função:** Gerar novas soluções candidatas
- Usualmente dividido em dois tipos quanto a aridade (no. de entrada de indivíduos):
 - **Aridade = 1:** Operadores de mutação
 - **Aridade > 1:** Operadores de Recombinação
 - **Aridade = 2:** Tipicamente chamados de operadores de cruzamento ou *crossover*



Operadores de Variação

- Há um grande debate a respeito da importância relativa da recombinação e mutação
 - Atualmente, a grande maioria esmagadora dos AEs usam ambos operadores
 - A escolha de uma variação particular desses operadores é dependente da representação



Mutação

- Atua sobre um genótipo e gera outro genótipo
- Elemento essencial de aleatoriedade (diversidade)
- A importância atribuída a mutação depende da representação e dialeto
 - AG Binário: operador responsável pela introdução e preservação da diversidade
 - PG: fortemente utilizado
- Garante conectividade ao espaço de busca, garantindo uma prova de convergência (Teorema dos esquemas)



Recombinação

- Mistura informações: Pais \rightarrow Prole
- O processo de mistura é estocástico
- A maior parte da prole é esperada ser pior, ou de mesma qualidade dos pais
- Entretanto, este processo também garante que alguns filhos serão melhores que os pais devido a combinação de elementos de genótipos que conduzam a boas características
- Este princípio tem sido utilizado pela **Natureza** por milhões de anos



Seleção por Sobrevivência

- O mesmo que **recolocação**
- A maior parte dos AEs usam uma população de tamanho fixo, necessitando de uma forma para garantir as novas gerações
- Geralmente determinística
 - Baseada em **fitness**: e.g., descartar o menos apto
 - Baseado em Geração: extingue os pais para a sobrevivência dos filhos
- Algumas vezes realiza combinação (elitismo)



Inicialização

- A inicialização do AE geralmente é aleatória
 - Necessita que seja garantido a possibilidade da varredura e mistura de todos os possíveis valores dos genes
 - É possível a utilização e inclusão de soluções existentes, ou heurísticas específicas ao problemas para “semear” a população



Condição de Término

- A condição de término deve ser checada a cada geração
 - Busca por um fitness mínimo
 - Quantidade máxima de gerações permitida
 - Alcance de um nível mínimo de diversidade
 - Quantidade máxima de gerações sem aumento do fitness
 - Busca por alguma característica específica do problema