

Metaheurísticas

Algoritmos Genéticos

Felipe Augusto Lima Reis

felipe.reis@ifmg.edu.br



**INSTITUTO
FEDERAL**
Minas Gerais

Sumário

1 Algoritmos Genéticos

ALGORITMOS GENÉTICOS

Introdução

- Algoritmos Genéticos (AG) correspondem a uma conjunto de métodos entre a coleção de algoritmos conhecidos como Algoritmos Evolucionários [Luke, 2013];
- AGs foram desenvolvidos em 1975, por John Holland [Luzia and Rodrigues, 2009] [Bozorg-Haddad et al., 2017]
 - AGs, posteriormente, passaram a ser relacionados com os termos de computação evolucionária;
 - Diversas variações do AG original foram publicadas na literatura, com propostas de evoluções e melhorias.

Introdução

- Os algoritmos genéticos são inspirados na Teoria da Evolução, proposta por Charles Darwin
 - A teoria indica que o indivíduos de uma geração são selecionados a partir dos indivíduos mais aptos entre os organismos ameaçados por predadores e/ou riscos ambientais;
 - Seus descendentes herdam suas características;
 - Mutações e combinações entre indivíduos podem aumentar as chances de persistência da espécie no longo prazo [Bozorg-Haddad et al., 2017].

CONCEITOS

Conceitos

- Para solução de um problema, um AG gera uma quantidade de n **indivíduos**
 - Esses indivíduos são denominados **cromossomos**;
 - Um cromossomo é composto de **genes**;
 - Cada gene pode ser interpretado como uma variável de decisão;
- Cada indivíduo gerado pelo AG corresponde a uma possível solução de um problema de otimização [Coppin, 2004] [Bozorg-Haddad et al., 2017].

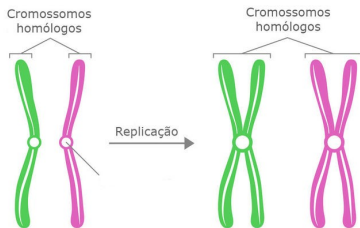
A proposta original de AGs proposta por Holland utilizava uma string de bits, conhecida como **cromossomos**, compostos por **genes** [Coppin, 2004].

Conceitos

- A **população** pode ser definida como um conjunto de indivíduos (cromossomos);
- **Fitness** (aptidão) corresponde ao quanto um indivíduo é capaz de interagir com o objetivo do problema
 - A medida de *fitness* é uma extensão das características físicas (**fenótipo**) e genéticas (**genótipo**) [Coppin, 2004];
 - Assim como na biologia, AGs selecionam características desejáveis por meio da aptidão [Luke, 2013];
 - Os valores de aptidão dos indivíduos determinam sua capacidade de sobreviver [Bozorg-Haddad et al., 2017].

Conceitos - Revisão de Biologia

- **Cromossomos homólogos**: cromossomos que fazem par com outros, de mesmo tamanho e posição de genes
- **Genes alelos**: “aqueles que ocupam o mesmo *lócus* em cromossomos homólogos e estão envolvidos na determinação de um mesmo caráter” [Magalhães, 2020]
Ex.: cor dos olhos - AA, Aa, aA, aa.



Fonte: [Toda Matéria, 2020]

Conceitos

- AGs também possuem outros conceitos de inspiração biológica, como mutação, clonagem e *crossover*.
 - **Mutação**: operador que realiza a escolha aleatória de genes e estes têm seus valores são trocados pelos de seus genes alelos;
 - **Crossover**: operador que substitui os genes de um pai pelos genes correspondentes de outro para geração de um novo indivíduo (filho) [Coppin, 2004] [Luzia and Rodrigues, 2009].
- As características de um indivíduo partem da forma com se combinam os cromossomos dos pais [Luke, 2013].

É importante destacar que AGs não possuem como característica apenas a mutação, como existente em diversas estratégias de programação evolucionária [Luke, 2013]

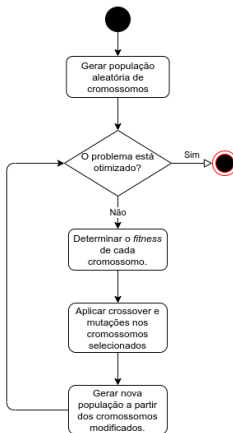
MÉTODO

Método

- Segundo [Coppin, 2004], um AG pode ser resumido em:
 - ① Gerar uma população aleatória de cromossomos (primeira geração);
 - ② Validar critérios de parada (término)
 - Se critério for satisfeito, a execução termina;
 - Caso contrário, continua;
 - ③ Determinar a aptidão (*fitness*) de cada cromossomo;
 - ④ Aplicar *crossover* e mutações para cromossomos selecionados da geração atual
 - Os cromossomos são utilizados para gerar a próxima geração;
 - ⑤ Voltar o passo 2.

Método

- O algoritmo pode ser resumido no diagrama abaixo.



Fonte: Próprio autor

Método - Inicialização da população

- A inicialização, em si, é aleatória;
- Pontos principais desta fase:
 - Escolha do tamanho da população
 - População pequena não permite exploração do problema;
 - População grande causa perda de eficiência do método;
 - Não existe uma fórmula para definir o tamanho da população;
 - Definição do método que será aplicado à seleção dos indivíduos [Luzia and Rodrigues, 2009].

Método - Condição de término

- Como o método é estocástico, devem ser definidos critérios de parada;
- Critérios de parada:
 - Limite de tempo;
 - Limite da quantidade soluções avaliadas;
 - Atingir uma determinada propriedade (erro, acurácia, etc) [Luzia and Rodrigues, 2009].

Método - Mutação e *Crossover*

- Estratégias possíveis:
 - **Crossover-AND-Mutation**: execução do *crossover* seguido de uma mutação, nesta ordem;
 - **Crossover-OR-Mutation**: possibilita a variação nas proporções entre os operadores ao longo da busca;
- Técnica recomendada por [Luzia and Rodrigues, 2009]:
 - No início do algoritmo é indicado utilizar uma alta taxa de *crossover* e aumentar gradualmente a taxa de mutação, de acordo com a convergência da população.

Método - Mutação

- **Mutação:** “operador unário¹ que realiza a escolha aleatória de um subconjunto de genes e seus valores são trocados pelos de seus genes alelos” [Luzia and Rodrigues, 2009] [Coppin, 2004]
 - A mutação é, em geral, feita de forma aleatória;
 - Um parâmetro define a taxa de mutação de cromossomos.

010101110001001



010101110**1**01001

Fonte: [Coppin, 2004]

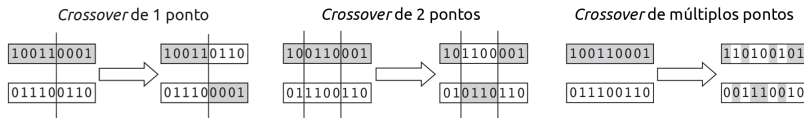
¹ Operador aplicado a um único argumento (gene) [Coppin, 2004].

Método - *Crossover*

- **Crossover**: operador que substitui os genes de um pai pelos genes correspondentes de outro para geração de um novo indivíduo (filho) [Coppin, 2004] [Luzia and Rodrigues, 2009].
- Funcionamento da operação de *crossover*, para cromossomos de mesmo tamanho
 - ❶ Seleção aleatória de um ponto de *crossover*;
 - ❷ Quebra do cromossomo em duas partes, a partir do ponto de *crossover*;
 - ❸ Recombinação dos cromossomos quebrados, combinando o início de um cromossomo com o final de outro [Coppin, 2004]..

Método - *Crossover*

- O *crossover* pode ser classificado quanto ao número de quebras (1 ponto, 2 pontos, n pontos);
- *Crossover* uniforme: uma probabilidade p é dada para determinar se um gene será substituído [Coppin, 2004].



Fonte: Adaptado de [Coppin, 2004]

Método - Seleção

- A cada geração, uma parte da população é selecionada, com base na função de avaliação, de modo a gerar indivíduos para uma próxima geração [Luzia and Rodrigues, 2009];
- Abordagens:
 - Avaliar todos os indivíduos;
 - Avaliar uma amostra aleatória de indivíduos;
 - *Tournament selection*: n indivíduos mais adaptados de cada torneio são selecionados para *crossover*;
 - *Roulette Wheel Selection*: seleção por roleta, como em um casino.

ALGORITMO

Algoritmo

- O pseudo-algoritmo de um AG pode ser visto na figura abaixo.

```
01: EscolherPopulacaoInicial()
02: enquanto CondicaoDeTermino() for falsa, faça
03:   repita
04:     se CondicaoDeCrossover() for verdadeira, então
05:       SelecionarSolucoesDosPais()
06:       DefinirFormaDeCrossover()
07:       RealizarCrossover()
08:     se CondicaoDeMutacao() for verdadeira, então
09:       DefinirPontosDeMutacao()
10:       RealizarMutacao()
11:     avaliarValorDaNovaSolucao()
12:   até haver quantidade suficiente de novas soluções
13:   SelecionarNovaPopulacao()
14: devolva a melhor solução encontrada
```

Fonte: [Luzia and Rodrigues, 2009]

VANTAGENS E DESVANTAGENS

Vantagens e Desvantagens

- Vantagens:
 - Algoritmos muito eficientes na obtenção de soluções;
 - Possibilitam uma grande variedade de soluções;
 - Possuem capacidade análise de espaço de busca muito mais eficiente que algoritmos de busca local [Luzia and Rodrigues, 2009].
- Desvantagens:
 - O comportamento dos AGs é complexo e imprevisível, fugindo ao controle do desenvolvedor [Luzia and Rodrigues, 2009].
 - Alto custo computacional.

Referências I



Bozorg-Haddad, O., Solgi, M., and Loáiciga, H. A. (2017).
Meta-heuristic and Evolutionary Algorithms for Engineering Optimization.
Wiley Series in Operations Research and Management Science. Wiley, 1 edition.



Coppin, B. (2004).
Artificial intelligence illuminated.
Jones and Bartlett illuminated series. Jones and Bartlett Publishers, 1 edition.



Luke, S. (2013).
Essentials of Metaheuristics (Second Edition).
lulu.com, 2 edition.
[Online]; Disponível em: <https://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/>.



Luzia, L. F. and Rodrigues, M. C. (2009).
Estudo sobre as metaheurísticas.
[Online]; acessado em 22 de Setembro de 2020. Disponível em:
<https://www.ime.usp.br/~gold/cursos/2009/mac5758/LeandroMauricioHeuristica.pdf>.



Magalhães, L. (2020).
Genes alelos.
[Online]; acessado em 29 de Setembro de 2020. Disponível em:
<https://www.todamateria.com.br/genes-alelos/>.



Toda Matéria (2020).
Cromossomos homólogos.
[Online]; acessado em 29 de Setembro de 2020. Disponível em:
<https://www.todamateria.com.br/cromossomos-homologos/>.

Referências II