

Inteligência Artificial

Algoritmos Genéticos

Prof. Paulo Martins Engel

Características de problemas de otimização

- Tamanho do espaço de busca- Ex. caixeiro viajante:
 - 10 cidades: 181.000 soluções
 - 20 cidades: 10.000.000.000.000 soluções
- Complexidade da função objetivo
- Restrições em problemas reais: scheduling, timetable
- Ambientes dinâmicos

2

Pontos fracos dos métodos tradicionais

- Mapeamento **Problema Real** ==> **Modelo**
frequentemente modificado (o modelo é simplificado)
- Maioria dos modelos é local em abrangência (garante só otimização local)
- Muitos métodos
- Mudanças no problema muitas vezes implica em recomeçar quase do zero

3

Algoritmos Genéticos

- Propostos por John Holland (1975)
- A idéia foi imitar algumas etapas do processo de evolução natural das espécies incorporando-as a um algoritmo computacional

4

Teoria da Evolução Natural

- Inspiração biológica:
- A Origem das Espécies [Charles Darwin 1859]
- Principais pontos:
 - Existe uma variação no grau de adaptação dos indivíduos ao meio em que vivem (ambiente)
 - A variação no grau de adaptação é hereditária
 - Pelo resultado da seleção natural (luta pela sobrevivência), os indivíduos mais adaptados gerarão maior número de descendentes

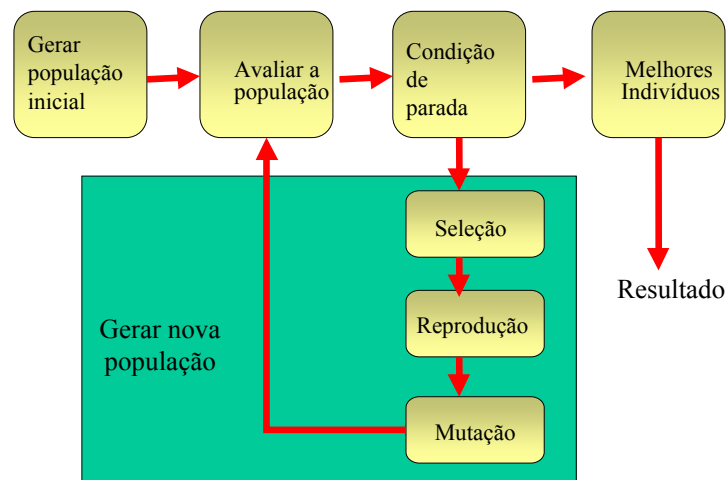
5

Abordagem

- O esquema geral de um algoritmo genético baseia-se na **representação de um problema** através de um **conjunto de indivíduos** (*população*).
- Uma solução do problema é codificada como um *cromossomo*: cadeia de bits.
- Cada indivíduo (o seu cromossomo) é uma **solução potencial para o problema** em questão.
- O desempenho de um cromossomo (*aptidão* ou *fitness*) é medido por uma função de *avaliação*.
- Através de processos (*modulados* pela aptidão dos indivíduos) de **seleção, reprodução e mutação**, obtém-se uma **nova geração** de indivíduos e o processo continua.
- Após um certo número de gerações, espera-se convergir para uma geração de elite que corresponde a uma solução ótima ou quase ótima para o problema

6

Algoritmo Genético Tradicional



7

Requisitos

- Uma representação das soluções potenciais do problema (*codificação*).
- Uma *população* inicial de soluções potenciais.
- Uma *função de aptidão* (*fitness*) que avalie cada solução potencial (papel equivalente ao *ambiente* na evolução natural).
- *Operadores genéticos* para alterar a composição dos descendentes.
- Valores para os parâmetros utilizados (tamanho da população, probabilidades dos operadores, etc.).

8

Representação do problema

- Cada indivíduo da população corresponde a uma solução possível para o problema, mesmo que não seja uma boa solução.
- O AG usa a medida de aptidão para controlar a reprodução dos indivíduos.
- Exemplo de codificação binária (AG):

1	0	1	1	0	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

9

Representação do indivíduo (cromossomo)

- Especificação das possíveis soluções no espaço de busca (define-se a estrutura do cromossomo)
- A representação depende do tipo de problema a ser manipulado
- Tipos usuais de representação:
 - Binária [001010]
 - Números reais [123456]
 - Símbolos [ABCDEFGH]

10

Exemplo: representação binária

- Define-se o valor de cada *alelo* do cromossomo para todos os indivíduos da população, indicando a presença ou ausência de determinada característica
 - 1 – presença de determinada característica
 - 0 – ausência de determinada característica

Conjunto de cromossomos (indivíduos) que compõem a população

0 0 1 0 0 1

0 0 0 1 0 0

0 0 0 1 1 1

0 0 1 0 1 0

11

Exemplo: representação por símbolos

- Considerando o problema do caixeiro viajante, uma solução possível (um indivíduo) pode ser:

G	B	I	A	D	F	H	C	J	E
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

12

População

- A população inicial geralmente é criada aleatoriamente.
- Geralmente, o número de indivíduos não muda de geração para geração, de modo que ocorre um processo de *substituição* de indivíduos.
- Os indivíduos mais adaptados têm maior *chance* de passar para a geração seguinte.

13

Função de avaliação (fitness)

- Responde à questão “Quão bem este indivíduo resolve o problema?”
- Depende do problema
- Exemplo: no problema do caixeiro viajante pode ser a soma das distâncias entre as cidades do percurso

14

Operadores genéticos: seleção

- Seleciona indivíduos da população para a reprodução.
- Usualmente quanto melhor a adaptação do indivíduo, maior as suas *chances* de ser selecionado.
- Os indivíduos selecionados podem sofrer processo de reprodução sexuada (*recombinação* ou *crossover*) ou assexuada (*clonagem*) dependendo de parâmetros específicos (*probabilidade de recombinação*).

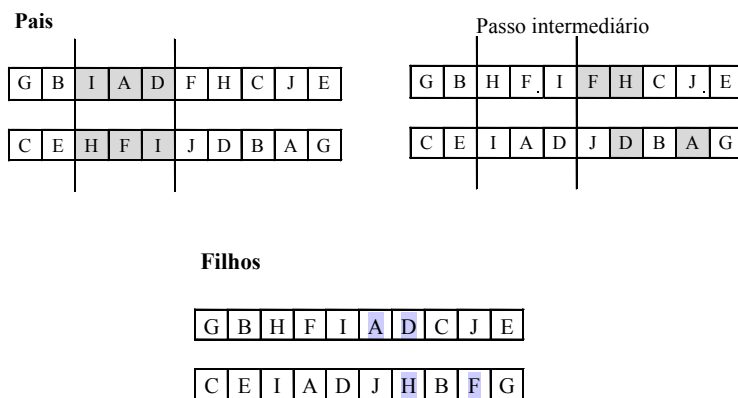
15

Recombinação (*crossover*)

- Fusão das características dos pais.
- Escolhe-se ao acaso um ponto na representação do indivíduo e procede-se a troca das características dos pais anteriores ou posteriores a esse ponto, criando-se dois novos descendentes.
- Outra forma de recombinação consiste em utilizar dois pontos de quebra aleatórios, trocando-se as características limitadas por estes dois pontos, mantendo-se as características anteriores e posteriores.

16

Recombinação



17

Mutação

- Atua sobre um indivíduo apenas e corresponde a uma alteração aleatória no código genético do indivíduo
- Ocorre eventualmente (por exemplo, um em cada mil novos indivíduos)
- O objetivo é incluir novas *diversidades* genéticas na população
 - Se o resultado for positivo irá se disseminar
 - Se for negativo, será naturalmente descartado

18

Parâmetros genéticos

- Tamanho da população:
 - deve ser grande o suficiente para proporcionar um bom espaço de busca, evitando convergência prematura para mínimos locais
- Taxa de reprodução:
 - pequena torna lento o algoritmo
 - grande pode levar a perda de estruturas (indivíduos) de alta aptidão
- Taxa de mutação:
 - baixa é interessante (evita máximos ou mínimos locais)
 - alta torna a busca praticamente aleatória

19

Parâmetros genéticos (cont.)

- Tipo de substituição:
 - **de geração** - ao final da reprodução se elimina a geração anterior e se passa a utilizar a nova (insetos)
 - **estado fixo**: pais e filhos coexistem (mamíferos)

20

Algoritmo genético simples

- 1- inicie uma população
 - 2- calcule a função de aptidão para cada indivíduo
 - 3- crie novos indivíduos com os operadores genéticos definidos
 - 4- gere uma nova população
 - 5- se a condição de parada não for satisfeita, volte para 2
- (cada iteração corresponde a uma *geração*)

21

Condições de parada

- Condições de parada mais usuais:
 - Tempo de execução
 - Número de gerações
 - Falta de diversidade, isto é, grande parte da população é formada por indivíduos semelhantes (de mesmas características)
 - Últimas k gerações sem melhora (convergência)

22

Exemplo

- Queremos encontrar o valor máximo da função $(15x - x^2)$, onde a variável inteira $x \in [0, 15]$.
- Com isso, os cromossomos podem ser construídos com apenas quatro genes:

Inteiro	Binário	Inteiro	Binário	Inteiro	Binário
1	0001	6	0110	11	1011
2	0010	7	0111	12	1100
3	0011	8	1000	13	1101
4	0100	9	1001	14	1110
5	0101	10	1010	15	1111

23

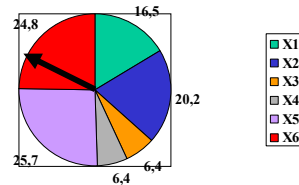
- Suponha que o tamanho da população N seja 6, a probabilidade de recombinação p_r seja 0,7 e a probabilidade de mutação p_m seja 0,001.
- A função de avaliação é: $f(x) = 15x - x^2$
- O AG cria uma população inicial de cromossomos com cadeias de 4-bits com 0 e 1 gerados aleatoriamente.

Rótulo	Cromos	Inteiro	Aptidão	Razão de aptidão %
X1	1100	12	36	16,5
X2	0100	4	44	20,2
X3	0001	1	14	6,4
X4	1110	14	14	6,4
X5	0111	7	56	25,7
X6	1001	9	54	24,8

24

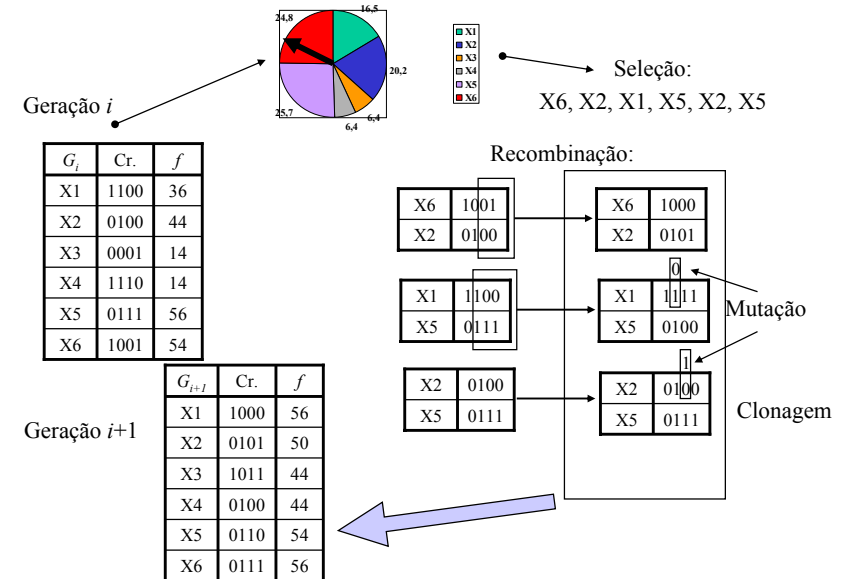
Seleção por roleta

- Cada cromossomo ocupa uma área da roleta proporcional à sua razão de aptidão.
- A roleta sorteia N vezes, os indivíduos para a próxima geração.



- No exemplo, a roleta é girada seis vezes, selecionando: X6, X2, X1, X5, X2, X5.

25



26

Características

Diferenças importantes com relação aos métodos tradicionais de otimização e busca:

- Trabalham com uma codificação do conjunto de parâmetros (seqüência de bits) e não com os parâmetros diretamente
- Procuram a solução para o problema simultaneamente em uma população de pontos e não em um ponto de cada vez
- Utilizam diretamente uma função de avaliação e não derivadas ou outro conhecimento auxiliar
- Regras de transição probabilísticas e não determinísticas

27

Características (cont.)

- Vantagem prática de fornecer soluções não muito longe da solução ótima mesmo não se conhecendo métodos que solucionem o problema
- Não exige nenhum conhecimento sobre a maneira de resolver o problema; somente é necessário poder avaliar a qualidade de uma solução
- Adaptação a mudanças no contexto
- obtenção de soluções para problemas cuja solução exata é muito difícil de ser encontrada em um tempo razoável

28

Aplicações

- Problemas de otimização
- Simulação de modelos biológicos no que diz respeito a comportamento e evolução
- Pesquisa em vida artificial
- Problemas onde haja variação na solução esperada em função do tempo

29

Exemplo: Caixeiro viajante (TSP)

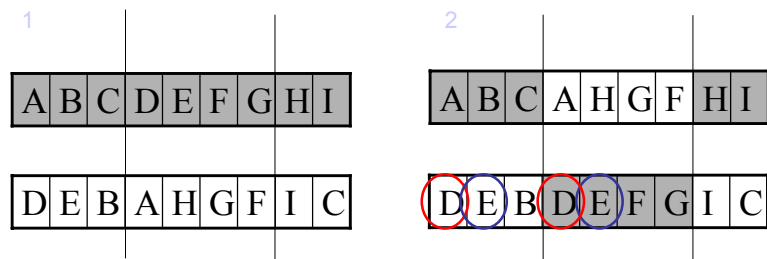
- representação intuitiva de indivíduo: o próprio caminho

D	E	B	A	H	G	F	I	C
---	---	---	---	---	---	---	---	---

- problema: crossover

30

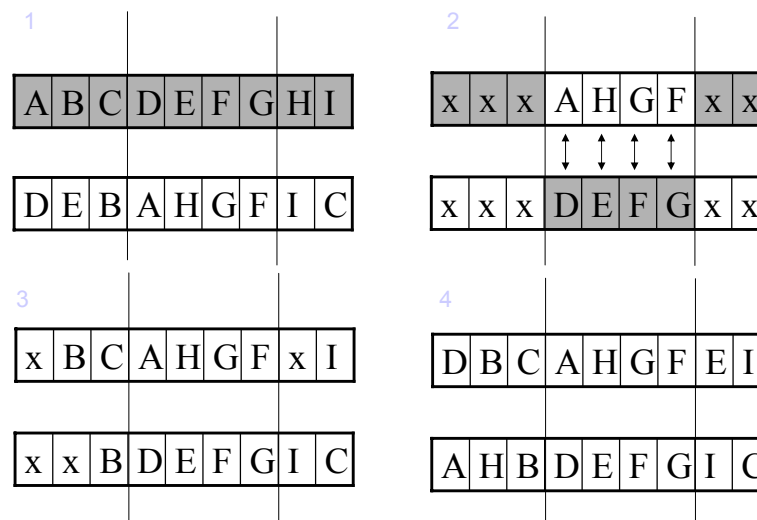
Exemplo: recombinação de 2 pontos



Cidades repetidas - inválido!!!

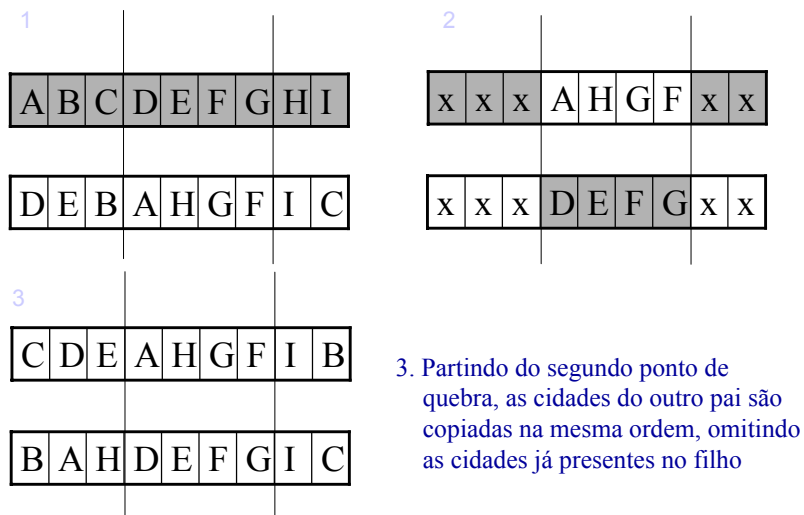
31

PMX - partially mapped crossover



32

OX - ordered crossover



33

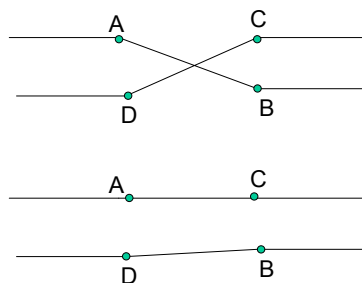
Exemplos de mutação

- **inversão**: de duas cidades adjacentes
- **inserção**: seleciona uma cidade e a coloca aleatoriamente em algum ponto
- **deslocamento**: seleciona um sub-percurso e o coloca aleatoriamente em algum ponto
- **troca recíproca**: troca de posição entre duas cidades

34

2opt method

- AB e CD fazem parte do percurso
- se $d_{AB} + d_{CD} > d_{AC} + d_{BD}$ então faço a troca para AC e BD



- Exemplo:

<http://www.mac.cie.uva.es/~arratia/cursos/UVA/GeneticTSP/JAVASimultn/TSP.html>

35