

3 Algoritmos Genéticos

Este capítulo resume os principais conceitos sobre o algoritmo evolucionário empregado nesta dissertação. É apresentada uma breve explicação sobre o princípio de funcionamento dos Algoritmos Genéticos (AG), descrevendo suas partes principais e seus parâmetros de evolução.

3.1. Componentes de Algoritmos Genéticos

Essencialmente, Algoritmos Genéticos são métodos de busca e otimização que tem sua inspiração nos conceitos da teoria de seleção natural das espécies proposta por Darwin (Goldberg, 1989) (Koza, 1992) (Mitchell, 1994) (Back, 1996) (Fogel et al., 1966).

Os sistemas desenvolvidos a partir deste princípio são utilizados para procurar soluções de problemas complexos ou com espaço de soluções muito grande (espaço de busca), o que os tornam problemas de difícil modelagem e solução quando se aplicam métodos de otimização convencionais.

Estes algoritmos são inspirados nos processos genéticos de organismos biológicos para procurar soluções ótimas ou sub-ótimas. Para tanto, procede-se da seguinte maneira: codifica-se cada possível solução de um problema em uma estrutura chamada de "cromossomo", que é composta por uma cadeia de bits ou símbolos. Estes cromossomos representam indivíduos, que são evoluídos ao longo de várias gerações, de forma similar aos seres vivos, de acordo com os princípios de seleção natural e sobrevivência dos mais aptos, descritos pela primeira vez por Charles Darwin em seu livro "A Origem das Espécies". Emulando estes processos, os algoritmos genéticos são capazes de "evoluir" soluções de problemas do mundo real.

Os cromossomos, ou indivíduos, são então submetidos a um processo evolucionário que envolve avaliação, seleção, recombinação (*crossover*) e mutação. Após vários ciclos de evolução a população deverá conter indivíduos mais aptos. Os algoritmos genéticos utilizam uma analogia direta deste

fenômeno de evolução na natureza, onde cada indivíduo representa uma possível solução para um problema dado. A cada indivíduo atribui-se um valor de avaliação: sua aptidão, que indica quanto à solução representada por este indivíduo é boa em relação às outras soluções da população. Desta maneira, o termo *População* refere-se ao conjunto de todas as soluções com as quais trabalha o sistema. Aos indivíduos mais adaptados é dada uma probabilidade maior de se reproduzirem mediante cruzamentos com outros indivíduos da população, produzindo descendentes com características de ambas as partes. A mutação também tem um papel significativo, ao introduzir na população novos indivíduos gerados de maneira aleatória.

O processo de evolução começa com a criação aleatória dos indivíduos que formarão a população inicial. A partir de um processo de seleção baseado na aptidão de cada indivíduo, são escolhidos indivíduos para a fase de reprodução que cria novas soluções utilizando-se, para isto, um conjunto de operadores genéticos. Deste modo, a aptidão do indivíduo determina o seu grau de sobrevivência e, assim, a possibilidade de que o cromossomo possa fazer parte das gerações seguintes.

O procedimento básico de um algoritmo genético é resumido na Figura 10 (Davis, 1996).

```
Início  
 $t \leftarrow 1$   
inicializar população  $P(t)$   
avaliar população  $P(t)$   
enquanto (não condição_de_fim) faça  
 $t \leftarrow t+1$   
selecionar população  $P(t)$  a partir de  $P(t-1)$   
aplicar operadores genéticos  
avaliar população  $P(t)$   
fim enquanto  
fim
```

Figura 10 – Procedimento básico do algoritmo genético

Para determinar o final da evolução pode-se fixar o número de gerações, o número de indivíduos criados, ou ainda condicionar o algoritmo à obtenção de uma solução satisfatória, isto é, quando atingir um ponto ótimo. Outras

condições para a parada incluem o tempo de processamento e o grau de similaridade entre os elementos numa população (convergência).

As seções seguintes apresentam em mais detalhes cada um dos componentes de um algoritmo genético.

3.2. Representação

A representação é um aspecto fundamental na modelagem de um algoritmo genético para a solução de um problema. Neste estágio define-se a estrutura do cromossomo, com os respectivos genes que o compõem, de maneira que este seja capaz de descrever todo o espaço de busca relevante do problema. Os principais tipos de representação são: binária, números reais, inteiros, agrupamento de inteiros e baseadas em ordem.

3.3. Codificação e Decodificação

A solução de um problema pode ser representada por um conjunto de parâmetros (genes), unidos para formar uma cadeia de valores (cromossomo); a este processo chama-se codificação. As soluções (cromossomos) são codificadas através de uma seqüência formada por símbolos de um sistema alfabético. Originalmente, utilizou-se o alfabeto binário (0, 1), porém, novos modelos de AGs codificam as soluções com outros alfabetos, como, por exemplo, com números reais (Michalewicz, 1996).

A decodificação do cromossomo consiste basicamente na construção da solução real do problema a partir do cromossomo. O processo de decodificação constrói a solução para que esta seja avaliada pelo problema.

3.4. Avaliação

A avaliação permite ao algoritmo genético determinar sua proximidade à solução ótima do problema. Ela é feita através de uma função que melhor representa o problema e tem por objetivo oferecer uma medida de aptidão de cada indivíduo na população corrente, que irá dirigir o processo de busca. Dado um cromossomo, a função de avaliação consiste em se associar um valor numérico de "adaptação", o qual supõe-se proporcional à sua "utilidade" ou "habilidade" do indivíduo representado em solucionar o problema em questão.

3.5. Operadores Genéticos

Os operadores mais conhecidos nos algoritmos genéticos são os de Reprodução, Cruzamento (*Crossover*) e Mutação.

Reprodução: refere-se ao processo de selecionar e copiar um determinado cromossomo para a população seguinte de acordo com sua aptidão. Isto significa que os cromossomos mais aptos têm maior probabilidade de contribuir para a formação de um ou mais indivíduos da população seguinte. Existem basicamente os seguintes métodos: troca de toda população, troca de toda população com elitismo, onde todos os cromossomos são substituídos, sendo o cromossomo mais apto da população corrente copiado para população seguinte, e troca parcial da população (*steady state*), onde os M melhores indivíduos da população corrente são copiados para população seguinte (Goldberg, 1989) (Koza, 1992) (Michalewicz, 1996).

Cruzamento: é um operador baseado na troca de partes dos cromossomos (pais), formando-se duas novas soluções (filhos). Este processo pode ser observado no exemplo a seguir (Figura 11), onde a solução está codificada com alfabeto binário.

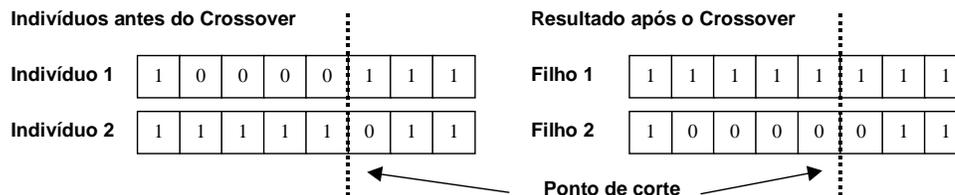


Figura 11 – Cruzamento de um ponto

O ponto onde ocorre o corte para a realização do cruzamento é escolhido aleatoriamente; no exemplo da Figura 3 utilizou-se um único ponto, mas podem ser realizados cortes em mais de um ponto, caracterizando o *multi-point crossover* (Goldberg, 1989) (Michalewicz, 1996) (Holland, 1992). Para realizar o cruzamento, primeiro é necessária a escolha, por sorteio, dos cromossomos “pais”. Em seguida ocorre a realização ou não do cruzamento segundo um parâmetro, denominado taxa de cruzamento. Deste modo, de acordo com a taxa de cruzamento, pode ocorrer que os cromossomos “pais” sejam repassados sem modificação para a geração seguinte, criando “filhos” idênticos a eles.

A idéia do operador de Cruzamento é tirar vantagem (*exploit*) do material genético presente na população.

Mutação: é a troca aleatória do valor contido nos genes de um cromossomo por outro valor válido do alfabeto. No caso de alfabeto binário troca-se de 0 para 1 e vice-versa. Da mesma forma que para o cruzamento, utiliza-se uma taxa de mutação que, para cada bit da seqüência de caracteres, sorteia-se se ocorrerá ou não a mutação; no caso de ocorrência, o bit será trocado por outro valor válido pertencente ao alfabeto (Figura 12).

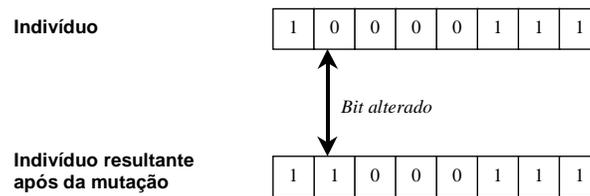


Figura 12 – Mutação

A mutação garante a diversidade das características dos indivíduos da população e permite que sejam introduzidas informações que não estiveram presentes em nenhum dos indivíduos. Além disto, proporciona uma busca aleatória (*exploration*) no AG, oferecendo oportunidade para que mais pontos do espaço de busca sejam avaliados.

3.6. Parâmetros da Evolução

Os parâmetros que mais influenciam no desempenho do algoritmo genético são:

Tamanho da População: afeta o desempenho global e a eficiência dos Algoritmos Genéticos. Uma população muito pequena oferece uma pequena cobertura do espaço de busca, causando uma queda no desempenho. Uma população suficientemente grande fornece uma melhor cobertura do domínio do problema e previne a convergência prematura para soluções locais. Entretanto, com uma grande população tornam-se necessários recursos computacionais maiores, ou um tempo maior de processamento do problema. Logo, deve-se buscar um ponto de equilíbrio no que diz respeito ao tamanho escolhido para a população.

Taxa de Cruzamento: probabilidade de um indivíduo ser recombinado com outro. Quanto maior for esta taxa, mais rapidamente novas estruturas serão introduzidas na população. Entretanto, isto pode gerar um efeito indesejável, pois a maior parte da população será substituída, causando assim perda de variedade genética, podendo ocorrer perda de estruturas de alta aptidão e convergência a uma população com indivíduos extremamente parecidos, indivíduos estes de solução boa ou não. Com um valor baixo, o algoritmo pode-se tornar muito lento para oferecer uma resposta aceitável.

Taxa de Mutação: probabilidade do conteúdo de um gene do cromossomo ser alterado. A taxa de mutação previne que uma dada população fique estagnada em um valor, além de possibilitar que se chegue em qualquer ponto do espaço de busca. Porém, deve-se evitar uma taxa de mutação muito alta, uma vez que esta pode tornar a busca essencialmente aleatória, prejudicando fortemente a convergência para uma solução ótima.

Intervalo de Geração: controla a porcentagem da população que será substituída durante a próxima geração (substituição total, substituição com elitismo, substituição dos piores indivíduos da população atual, substituição parcial da população sem duplicatas). Esse número de indivíduos substituídos também é conhecido como GAP.

Número de gerações: representa o número total de ciclos de evolução de um Algoritmo Genético, sendo este um dos critérios de parada do algoritmo genético. Um número de gerações muito pequeno causa uma queda no desempenho; um valor grande faz necessário um tempo maior de processamento, mas fornece uma melhor cobertura do domínio do problema, evitando a convergência para soluções locais.