

Aplicação da Metaheurística Algoritmos Genéticos na solução do problema das n Rainhas

Gardiego Luiz da Silva ¹ <gardiegol@yahoo.com.br>
Henrique Faria de Oliveira ² <henriquefari@yahoo.com.br>

Faculdade de Viçosa – Semana Acadêmica
Rua Dr. Milton Bandeira, 380 – Centro – CEP 36570-000 – Viçosa – MG

Resumo

Este artigo demonstra a utilização da metaheurística Algoritmos Genéticos, baseado no problema das n Rainhas. Serão apresentados as técnicas utilizadas, estruturas e métodos. Este documento expõe um exemplo da matemática aplicada e otimização computacional.

Palavras-chaves: Metaheurística Algoritmos Genéticos – n Rainhas – Seleção Natural

Abstract

This article proves the Genetics Algorithms metaheuristics's utilize, based on n Queens Problem. The utilized techniques, structures and methods will be shown. This document exposes an applied math exemple and computing optimization.

Key-words: Genetics Algorithms Metaheuristic – n Queens – Natural selection

1. Introdução

1.1. O problema e sua Importância

Questões enxadrísticas sempre foram uma constante na história da Matemática e na Ciência da Computação. Com o passar do tempo, novas tecnologias e novas teorias permitem novas abordagens de antigos problemas.

O Problema das n rainhas é muito conhecido da forma como ele foi resolvido originalmente em 1850 por Gauss: com 8 rainhas. Posteriormente essa demonstração foi estendida para n rainhas por Hoffman (1969).

Constitui em colocar-se n rainhas em um tabuleiro de xadrez sem que as mesmas se ataquem simultaneamente, onde n é um número inteiro maior ou igual a 2. Além disso deve-se dizer de quantas formas é possível dispor essas rainhas.

Uma vez demonstrado que é possível colocar n rainhas no tabuleiro, elaborou-se um algoritmo que terá como saída todas as formas possíveis de disposição das peças utilizando técnicas baseadas em heurísticas, em particular Algoritmos Genéticos (AG's) para verificar sua eficiência e eficácia na solução do problema.

Utilizam-se técnicas baseadas em algoritmos Heurísticos como algoritmos genético e Simulated Annealing como forma de verificar a eficiência e eficácia na solução do problema.

Segundo Fernandes (2003), “os algoritmos Genéticos (AG's) são métodos adaptativos que podem ser usados para resolver problemas de busca e otimização. Estão inspirados no processo genético e evolutivo dos organismos vivos, baseados na Teoria da Evolução de Darwin”.

Os AG's usam uma analogia direta com o comportamento natural. Trabalham com uma população de indivíduos, cada qual representando uma solução do problema dado. O poder do AG's provém do fato de se tratar de uma técnica robusta, podendo manipular com êxito uma grande variedade de problemas provenientes das mais diferentes áreas, incluindo aqueles que os outros métodos encontram dificuldades para resolver.

Segundo Groth(1998), citado por Fernandes (2003), algoritmos genéticos são métodos de otimização combinatorial baseadas no processo de evolução biológica. A idéia básica é que com o tempo, a evolução tenha selecionado as espécies mais resistentes. Aplicando esta idéia ao DM (Decision Model) ³, igualmente envolve modelo de otimização dos dados usando métodos genéticos para obter modelos de adaptação.

Resumindo, os AG's tratam problemas de otimização como um processo iterativo de busca da melhor solução dentro do espaço de possíveis respostas para o problema. Inicia com um conjunto aleatório de soluções iniciais, que constituem a população inicial. Combinando os melhores representantes dessa população obtém uma

¹ Analista e Desenvolvedor de Sistemas da empresa Cientec.

² Analista e Desenvolvedor de Sistemas da empresa Cientec.

³ DM (Decision Model) descreve o modelo utilizado em um determinado método para escolha da ação a ser realizada, pode ser definido por algoritmos de diferentes naturezas ou por modelos simples.

nova, que passa a substituir a anterior, caracterizando-se como a próxima geração. O mecanismo é repetitivo. A cada nova iteração a população é refinada gerando novas e melhores soluções para o problema em questão, culminando com sua convergência. (Fernandes, 2003).

1.2. Justificativa

Com esse trabalho, é possível expor um exemplo completo de Matemática Aplicada e Otimização Computacional. Encontra-se na literatura diversas técnicas tradicionais para a solução do problema proposto, tais como algoritmos exatos e algoritmos gulosos. Pretende-se realizar uma análise comparativa entre as técnicas existentes com uma abordagem heurística a ser desenvolvida, medindo a eficiência e eficácia na solução do problema.

1.3. Objetivos

O objetivo desse trabalho é demonstrar de forma clara e didática a resolução do problema das n rainhas, baseado na demonstração feita por Hoffman em 1969. Criar um algoritmo heurístico implementando a solução para n rainhas. E desenvolver um programa de computador baseado no algoritmo que exibe graficamente as soluções encontradas.

Especificamente pretende-se:

- Modelar o sistema utilizando técnicas orientadas a objetos
- Desenvolver uma heurística utilizando Algoritmos Genéticos para determinar uma solução aproximada.
- Implementar uma aplicação para testar a heurística desenvolvida
- Realizar testes comparativos para medir o desempenho e a performance do sistema desenvolvido.

2. Metodologia

1.5 Algoritmos Genéticos

Segundo Fernandes (2003), “os algoritmos Genéticos (AG’s) são métodos adaptativos que podem ser usados para resolver problemas de busca e otimização. Estão inspirados no processo genético e evolutivo dos organismos vivos, baseados na Teoria da Evolução de Darwin”.

Ao longo das gerações, as populações evoluem na natureza de acordo com os princípios de seleção natural e sobrevivência dos mais fortes. Por imitação desse processo, os AG’s são capazes de criar soluções para os problemas do mundo real. A evolução de tais soluções, bem como a obtenção de valores ótimos para o problema, dependem, em parte, de uma codificação adequada para as mesmas.

Os princípios básicos dos AG’s foram estabelecidos por Holland (1975), podendo ser encontrado em (Goldberg, 1989).

Na natureza, a combinação de boas características provenientes de diferentes indivíduos ancestrais pode, às vezes, produzir descendentes “superindivíduos”, cuja adaptação é muito maior que a de seus ancestrais. Dessa forma, as espécies evoluem, logrando características cada vez melhor adaptadas no ambiente em que vivem.

Os AG’s usam uma analogia direta com o comportamento natural. Trabalham com uma população de indivíduos, cada qual representando uma solução do problema dado. O poder do AG’s provém do fato de se tratar de uma técnica robusta, podendo manipular com êxito uma grande variedade de problemas provenientes das mais diferentes áreas, incluindo aqueles que os outros métodos encontram dificuldades para resolver.”

Ainda Fernandes (2003) citando Berry (1997, Apud Kremer, 1999), os algoritmos genéticos aplicam a mecânica da genética e seleção natural à pesquisa usada para encontrar os melhores conjuntos de parâmetros que descrevem a função de previsão. Eles são utilizados no Data Mining dirigido e são semelhantes à estatística. Os algoritmos genéticos usam os operadores seleção, cruzamento e mutação para desenvolver sucessivas gerações de soluções.

Segundo Groth (1998), citado por Fernandes(2003), algoritmos genéticos são métodos de otimização combinatorial baseadas no processo de evolução biológica. A idéia básica é que com o tempo, a evolução tenha selecionado as espécies mais resistentes. Aplicando esta idéia ao DM, igualmente envolve modelo de otimização dos dados usando métodos genéticos para obter modelos de adaptação.

“Resumindo, os AG’s tratam problemas de otimização como um processo iterativo de busca da melhor solução dentro do espaço de possíveis respostas para o problema. Inicia com um conjunto aleatório de soluções iniciais, que constituem a população inicial. Combinando os melhores representantes dessa população obtém uma nova, que passa a substituir a anterior, caracterizando-se como a próxima geração. O mecanismo é repetitivo. A

cada nova iteração a população é refinada gerando novas e melhores soluções para o problema em questão, culminando com sua convergência.” (Fernandes, 2003)

2.1.1 Estrutura de um algoritmo genético

A disposição da estrutura de um AG simples constitui da seguinte forma:

- Inicialização: Uma população de indivíduos é gerada aleatoriamente, cada um representando uma possível solução.
- Cálculo da aptidão: É realizado o cálculo da aptidão de cada indivíduo com base numa função objetivo⁴ que depende das especificações de cada projeto. A aptidão é calculada a partir do genótipo.
- Critério de parada: Verifica se a solução encontrada é válida.
- Seleção: Os indivíduos mais aptos são selecionados. Cada indivíduo tem uma probabilidade de ser selecionado proporcional à sua aptidão. Por exemplo na fig. 2.1.1a, os espaços no círculo representa a probabilidade de cada indivíduo, é mais provável que ao se escolher um ponto dentro deste, o indivíduo que tenha a maior probabilidade (indivíduo 2) seja selecionado.

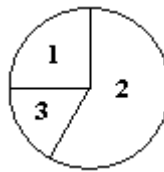


FIGURA 2.1.1a: Probabilidade de Seleção

- Cruzamento (Cross Over): Os indivíduos selecionados na etapa anterior são cruzados. Os cromossomos de cada par de indivíduos a serem cruzados são particionados em um ou mais pontos chamados pontos de corte. Estes pontos de corte podem ou não ser escolhidos aleatoriamente.
- Mutação: O operador de mutação se aplica a cada filho de maneira individual, e consiste em uma alteração, de maneira aleatória (normalmente com probabilidade pequena), de cada gene componente do cromossomo, garantindo que nenhum ponto do espaço de busca tenha probabilidade zero para ser examinado, e é de fundamental importância para assegurar a convergência⁵ dos AG's.

Início:

Gerar uma população inicial;
Calcular a função de avaliação
(Fitness) de cada indivíduo;

Enquanto não (terminou) faça

Início { produz nova população }

Para (tamanho da população) / 2 faça

Início { ciclo reprodutivo }

Selecionar 2 indivíduos da geração anterior para cruzamento (probabilidade de seleção proporcional à função de avaliação do indivíduo);

Cruzar com certa probabilidade obtendo os descendentes;

Mutação nos descendentes com certa probabilidade;

Calcular a função de avaliação dos descendentes que sofreram mutação;

Incluir os descendentes que sofreram mutação na nova geração;

Fim-para

Se (população convergiu) então

Terminou := verdade;

Fim-enquanto;

Fim.

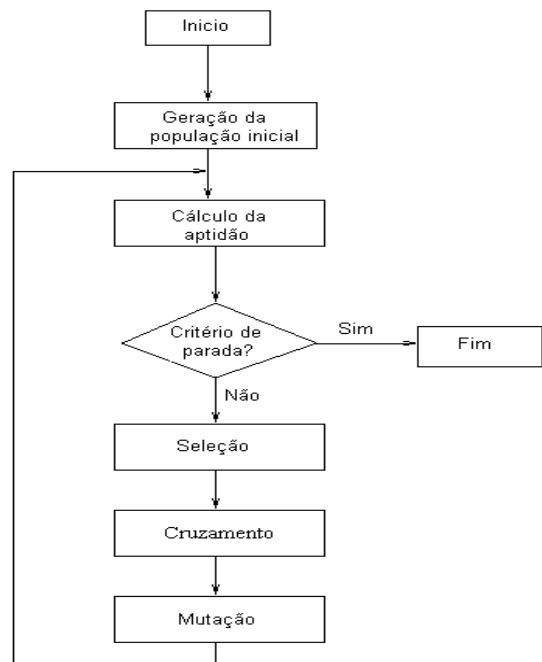


FIGURA 2.1.1b: Algoritmo Genético

⁴ A FO (Função Objetivo) deve levar em conta os valores das rotas para determinar qual o menor caminho.

⁵ O conceito está relacionado com a idéia de progressão para a uniformidade, ou seja, um gene terá convergido quando ao menos 95% da população compartilhar o mesmo valor deste gene.

As principais características de um AG, segundo Daves (1991) e Mitchell (1996), são:

- Manter uma população de soluções para um determinado problema;
- Possuir um processo de seleção de indivíduos, baseado no grau de adaptação de cada um;
- Possuir operadores genéticos, para gerar novos indivíduos para a população.

Essas características são implementadas em três módulos distintos, formando a estrutura básica de um AG:

- Módulo de avaliação: determina o grau de adaptação (fitness) de cada indivíduo ao problema em questão;
- Módulo de população: responsável pela escolha da população inicial;
- Módulo de reprodução: responsável pela aplicação dos operadores genéticos aos indivíduos.

Esses módulos são formados pelos seguintes componentes (Davis 1991; Mitchell, 1996; Silveira, 1998; Sipper, 1999):

Indivíduos: cada solução parcial de um problema a otimizar é codificada em uma string. Cada string é um indivíduo (ou cromossomo). Comumente, são utilizadas strings de bits ou vetores (arrays). O cromossomo é um vetor de genes. Genótipo: presença (1) ou ausência (0) de determinada característica.

Função Fitness ou Função de Avaliação: É utilizada para avaliar cada indivíduo da população, identificando o seu grau de adaptação ao problema em questão. A entrada para a função de avaliação é o fenótipo, uma possível solução para o problema. A avaliação do indivíduo é o momento no qual se “diz” ao AG qual é o problema a ser resolvido.

Operadores Genéticos: funções que se aplicam às populações, permitindo obter novas populações. O princípio básico dos operadores genéticos é transformar a população por meio de sucessivas gerações, estendendo a busca até chegar a um resultado ótimo. São necessários para que a população se diversifique e mantenha características de adaptação adquiridas pelas gerações anteriores.

Crossover é o método de cruzamento entre pais. Os pais são os cromossomos escolhidos para formar a nova população, ou seja, para que a população evolua com as características dos indivíduos mais aptos, selecionados pela função de fitness. Os tipos mais comuns de crossover são apresentados adiante:

Para Fernandes (2003), o operador de cruzamento uniponto toma dois pais selecionados **(a)** e seleciona os seus cromossomos em uma posição escolhida aleatoriamente, produzindo dessa forma, dois pedaços em cada pai. Posteriormente, são intercalados os pedaços obtidos **(b)** e gerando assim, novos cromossomos completos **(c)**. Ambos os descendentes herdam características (genes) de cada um dos pais.

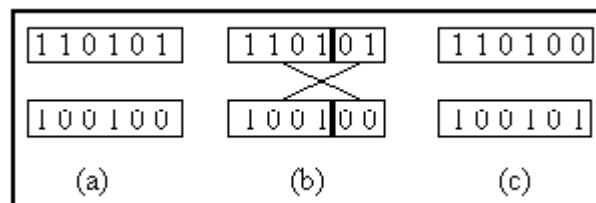


FIGURA 2.1.1c: Cruzamento Uniponto

No cruzamento Multiponto um novo cromossomo é gerado permutando-se partes do par de cromossomos (cromossomos pais).

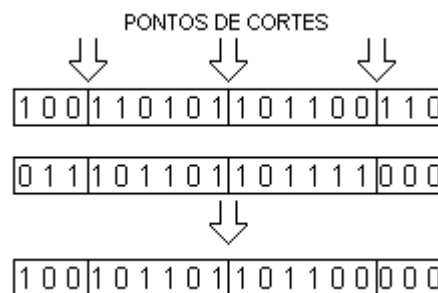


FIGURA 2.1.1d: Cruzamento Multiponto

No operador de cruzamento uniforme, cada gene é criado copiando o correspondente gene de um dos pais, escolhido de acordo com uma “máscara de cruzamento” gerada aleatoriamente.

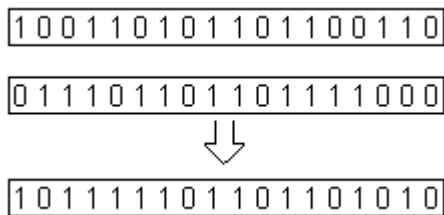


FIGURA 2.1.1e: Cruzamento Uniforme

“Tem-se investigado variações no operador de cruzamento, mais especificamente, levando - se em conta mais de um ponto de corte. Em De Jong (1975), pode-se observar a investigação do comportamento do operador de cruzamento que se baseia em dois pontos mostra ser eficiente, enquanto que o aumento de pontos melhora o desempenho do algoritmo. A grande vantagem de se ter mais de um ponto de cruzamento é que o espaço de busca pode ser explorado com mais facilidade. No operador de cruzamento baseado em dois pontos, os cromossomos podem ser vistos com um circuito no qual se efetua a escolha aleatória de dois pontos.”(Barone,2003)

3. Métodos

Para a construção do sistema, inicialmente partiu-se para sua modelagem utilizando o software Rational Rose que é uma ferramenta CASE (Computer Aided Software Engineering) que utiliza a linguagem UML para fazer a modelagem de sistemas, implementando os devidos casos de uso e funcionalidades.

A figura 3.1 exibe o diagrama de caso de uso com as funcionalidades do sistema.

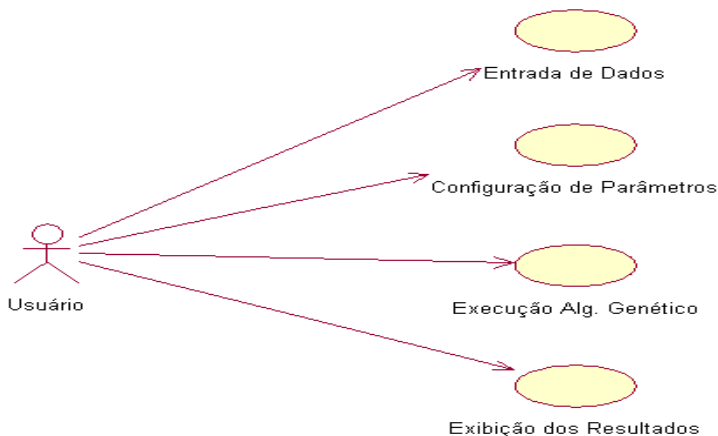


FIGURA 3.1: Diagrama de caso de uso.

A Figura 3.2 mostra um conjunto de classes estabelecido a partir da implementação do projeto.

Figura 3.2: Diagrama de Classes do programa.

4. Resultados e Conclusões

Através da utilização dos AG's implementou-se uma solução alternativa para a solução do problema das n Rainhas. Percebe que a determinação dos parâmetros dos AG's é de fundamental importância para a obtenção das soluções de forma mais eficiente.

5. Referências Bibliográficas

BARONE, D. A. C. **Sociedades Artificiais: a nova fronteira da inteligência nas máquinas**. Porto Alegre: Bookman, 2003. 332 p.

CANTÙ, M. **Dominando o Delphi 6 - A Bíblia** (Trad. João Eduardo N. Tortello). São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2002.

FERNANDES, A. M. R. **Inteligência Artificial: Noções Gerais**. Visual Books, São Paulo, 2003.

FURLAN, J.D. **Modelagem de Objetos através da UML**. Makron Books, São Paulo, 1998.