

Resolvendo o Problema do Cavalo do Xadrez Utilizando Algoritmo Genético

Alexandre Tadeu Rossini da Silva¹, Gustavo Setúbal Nazareno¹,
André Marcelo Schneider²

¹Bacharelado em Ciência da Computação – Universidade do Tocantins (Unitins)
Caixa Postal 173 – 77123-360 – Palmas – TO – Brasil

²Laboratório de Robótica Inteligente, Instituto de Informática, Departamento de
Informática Aplicada – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brasil

{atrsilva,gustavo}@uft.edu.br, ams@inf.ufrgs.br

Abstract. *This paper presents concepts of genetic algorithm using for the development of a solution of the classic problem of the horse of the chess. For this, the stages of recognition and evaluation of the problem are presented, that is the environment that intervenes with the evolution of the individuals that search the solution.*

Resumo. *Este artigo apresenta conceitos de algoritmo genético utilizando-os no desenvolvimento de uma solução para o clássico problema do cavalo do xadrez. Para isso, são apresentadas as etapas de reconhecimento e avaliação do problema, que é o meio ambiente que interfere na evolução dos indivíduos que buscam a solução.*

1. Introdução

O problema do cavalo do xadrez é um dos problemas clássicos do xadrez. As soluções para tais problemas geralmente exigem tempo para avaliação e busca de uma solução, por isso o processamento computacional é utilizado.

Toda tarefa de busca e otimização possui vários componentes, entre eles: o espaço de busca, onde são consideradas todas as possibilidades de solução de um determinado problema, e a função de avaliação (ou função de custo), uma maneira de avaliar os membros do espaço de busca [Ginsberg 1993].

As técnicas de busca e otimização tradicionais iniciam seu processamento com um único candidato que, iterativamente, é manipulado utilizando algumas heurísticas, normalmente estáticas, diretamente associadas ao problema a ser solucionado. Geralmente, esses processos heurísticos não são algorítmicos e sua simulação em computadores pode ser muito complexa. Apesar desses métodos não serem suficientemente robustos, isto não implica que eles sejam inúteis. Na prática, eles são amplamente utilizados, com sucesso, em inúmeras aplicações [Winston 1992].

Por outro lado, os algoritmos genéticos operam sobre uma população de candidatos em paralelo. Pode-se realizar a busca em diferentes áreas do espaço de solução, alocando um número de membros apropriados para a busca em várias regiões. Embora possam parecer simplistas do ponto de vista biológico, esses algoritmos são

suficientemente complexos para fornecer mecanismos de busca adaptativa poderosa e robusta [Rezende 2003].

2. Metodologia

A metodologia aplicada neste trabalho baseia-se no estudo e definição das técnicas utilizadas com a finalidade de facilitar o entendimento e a resolução do problema.

2.1. Teoria da Evolução das Espécies de Darwin

Sucintamente, a Teoria da Evolução das Espécies nos diz que a natureza possuiu, em algum momento da existência deste planeta, os meios para modificar os seres vivos a cada geração. Essas modificações ocorreram por meio de alterações do código genético desses seres, seja por mutações aleatoriamente produzidas por radiações ionizantes, vírus ou mesmo ação química. Esses seres vivos com código genético alterado se reproduziram em combinação com os seres vivos típicos de suas espécies naquele momento, produzindo uma nova geração de seres vivos que incorporou de alguma forma as mutações ocorridas [Carvalho 2001].

Os novos seres vivos que estavam bem adaptados ao meio ambiente do planeta naquele momento sobreviviam, cresciam e se reproduziam mais do que os seres menos adaptados, passando, assim, suas características de boa adaptação para as gerações futuras. Este processo é denominado de seleção natural do ser vivo [Carvalho 2001].

2.2. Algoritmo Genético

Algoritmos genéticos são uma família de modelos computacionais inspirados na teoria da evolução das espécies. Esses algoritmos modelam uma solução para um problema específico em uma estrutura de dados como a de um cromossomo e aplicam operadores que re-combinam essas estruturas preservando informações críticas [Shirai 1998].

Uma implementação do algoritmo genético começa com uma população de cromossomos. Essas estruturas são então avaliadas para gerar oportunidades reprodutivas de forma que os cromossomos que representam uma solução "melhor", tenham maiores chances de se reproduzirem do que os que representam uma solução "pior". A definição de uma solução melhor ou pior é tipicamente relacionada à população atual.

Algoritmos Genéticos, por serem baseados na evolução biológica, são capazes de identificar e explorar fatores ambientais e convergirem para soluções ótimas em uma grande variedade de problemas, pois não impõem muitas das limitações encontradas nos métodos de busca tradicionais [Carvalho 2001].

"Quanto melhor um indivíduo se adaptar ao seu meio ambiente, maior será sua chance de sobreviver e gerar descendentes" [Fernandes 2003]. Este é o conceito básico da evolução genética biológica. A área biológica mais proximamente ligada aos Algoritmos Genéticos é a Genética Populacional.

3. Modelo Descritivo

3.1. Problema do Cavalo do Xadrez

Considere o jogo de xadrez. Seguindo as regras de movimento do cavalo, é possível que um cavalo parta de uma casa qualquer, percorra todo o tabuleiro visitando cada casa uma e somente uma única vez e retorne à casa inicial?

No xadrez o movimento do cavalo é sempre em L (letra ele), ou seja, duas casas num sentido (vertical ou horizontal) e uma casa no outro sentido (horizontal ou vertical). A solução deste problema é verificar a existência de um circuito (ciclo) Hamiltoniano em um grafo, Figura 1.

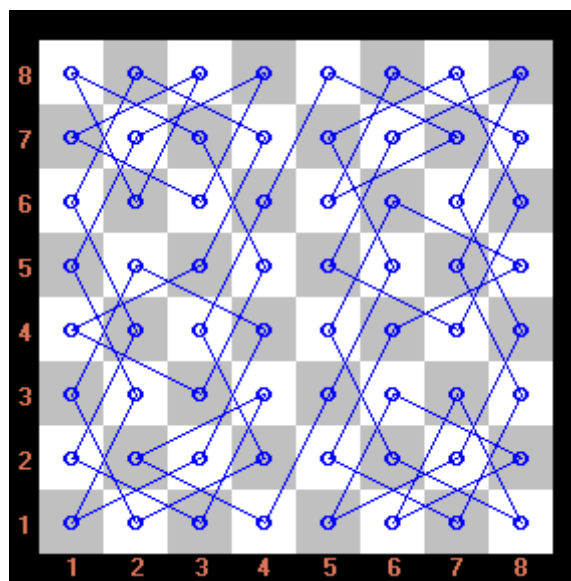


Figura 1. Grafo Hamiltoniano do Problema do Cavalo do Xadrez

Um circuito Hamiltoniano em um grafo conectado G é um circuito que inclui cada vértice de G exatamente uma vez, ou seja, cada vértice só aparece uma vez no circuito. [Netto 1996].

3.2. O Sistema

Algoritmos Genéticos são algoritmos de otimização global, baseados nos mecanismos de seleção natural e da genética. Eles empregam uma estratégia de busca paralela e estruturada, mas aleatória, que é voltada em direção ao reforço da busca de pontos de "alta aptidão", ou seja, pontos nos quais a função a ser minimizada (ou maximizada) tem valores relativamente baixos (ou altos).

Apesar de aleatórias, as estratégias de busca não são caminhadas aleatórias não direcionadas, pois exploram informações históricas para encontrar novos pontos de busca onde são esperados melhores desempenhos. Isto é feito através de processos iterativos, onde cada iteração é chamada de geração.

As informações históricas são acessadas em um código genético que armazena todas as instruções necessárias para um funcionamento celular. O funcionamento celular é representado por uma coleção de genes organizados sequencialmente em uma

estrutura chamada cromossomo. O gene é a unidade básica das características do ser vivo [Carvalho 2001]. Definiu-se que o cromossomo para este problema, Figura 2, possui 64 genes (quantidade de casas de um tabuleiro de xadrez) e mais um campo que armazenará o *fitness* (avaliação), ou seja, o grau de adaptabilidade do cromossomo de acordo com o meio ambiente, fenótipo.



Figura 2. Estrutura do Cromossomo

O material presente no código genético (genótipo), é a representação dos possíveis movimentos do cavalo, numerados de 0 (zero) a 7 (sete), armazenados em 2 bytes (1 número inteiro) no gene, Figura 3. O genótipo fornece propriedades básicas ao ser vivo que, sob a influência do meio ambiente, neste caso o tabuleiro, acabam por gerar o ser vivo propriamente dito.

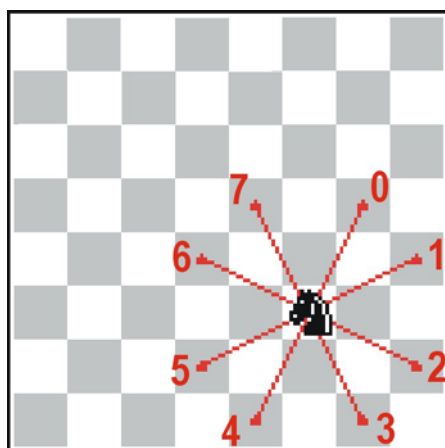


Figura 3. Movimentos do Cavalo

Antes da avaliação, altera-se de acordo com a taxa de mutação dos genes (quantidade de genes que sofrerão mutação) um número de cromossomos definidos pela taxa de mutação dos indivíduos, esses escolhidos aleatoriamente. Não sofrerão mutação os cromossomos com avaliação igual a 64, ou seja, perfeitamente adaptados ao meio ambiente do problema proposto, e também o melhor indivíduo da geração. No processo de mutação, o gene é alterado aleatoriamente, tornando-se um novo gene cuja expressão futura (fenotípica) não se pode prever a priori. Certas mutações levarão à geração de fenótipos mais adaptados ao meio ambiente, permitindo a continuidade da espécie. Outras mutações produzirão seres vivos com fenótipos mal-adaptados que não sobreviverão às hostilidades do seu meio ambiente [Carvalho 2001] durante as próximas gerações. Após a mutação é realizada uma avaliação a fim de se obter a adaptabilidade do indivíduo ao meio.

O processo de avaliação é realizado de acordo com o posicionamento do cavalo no tabuleiro, que é classificado como válido, representado por 1 (um), ou inválido, representado por 0 (zero), no gene. O resultado da avaliação é o somatório dos genes pertencentes ao cromossomo.

A avaliação de um cromossomo é o fenótipo que indica a adaptabilidade do indivíduo em relação ao meio (tabuleiro). É importante ressaltar que a melhor avaliação possível é 64, que corresponde ao número total de casas de um tabuleiro de xadrez.

Através da avaliação, determinam-se os *n* melhores indivíduos aptos a se reproduzirem de acordo com a quantidade de indivíduos reprodutores definida, gerando um número correspondente de descendentes, que juntamente com a subtração da população pelos *n* melhores indivíduos da geração, obterá a quantidade dos melhores cromossomos que serão reaproveitados na próxima geração, garantindo-se neste processo o Elitismo. Durante cada iteração, os princípios de seleção e reprodução são aplicados a uma população definida pelo usuário, Figura 4. Nota-se ainda na Figura 4 que todos os valores inerentes à busca da solução do problema podem ser alterados pelo usuário.



Figura 4. Tela de opções do Algoritmo Genético

O processo de reprodução permitirá que os cromossomos de um ser vivo se combinem com os cromossomos de outro ser vivo, formando um novo ser com características novas [Carvalho 2001]. No processo de reprodução são sorteados, através do método da Roleta, “girando-a” duas vezes, os cromossomos entre os indivíduos selecionados para a reprodução.

O método da Roleta consiste basicamente em realizar o somatório das avaliações dos indivíduos selecionados para a reprodução (universo) e dividir a roleta entre os indivíduos selecionados de acordo com sua avaliação. A probabilidade de um indivíduo ser sorteado para o cruzamento é a divisão da sua avaliação com o universo. Finalizando o método, a roleta é “girada” a fim de obter-se aleatoriamente um indivíduo.

Gera-se então um número aleatório, entre 0 e 63, que será o ponto de corte para o cruzamento (*crossover*) de um-ponto dos cromossomos sorteados pela roleta. O

primeiro descendente do cruzamento é a união dos genes menores do que o ponto de corte do primeiro cromossomo sorteado, com os genes em posição maior ou igual ao ponto de corte do cromossomo do segundo indivíduo sorteado. O segundo descendente é o inverso do processo de geração do primeiro descendente.

Neste momento, é realizado novamente o processo de avaliação a fim de verificar a adaptabilidade dos indivíduos da nova geração ao ambiente. É verificado ainda se a iteração atual não excedeu a quantidade de iterações definidas a priori. Em caso afirmativo, repete-se todo o ciclo desde o processo de mutação. Caso a iteração tenha atingido a quantidade entrada pelo usuário, o sistema termina o ciclo evolucionário e fornece a melhor solução encontrada durante o período de iterações.

4. Resultados Obtidos

Para a realização dos testes a fim de verificar a eficácia dos algoritmos descritos, utilizou-se configuração de entradas (inputs) bastante variadas objetivando uma melhor configuração capaz de gerar ou aproximar uma solução ótima para o problema. Os resultados dos testes estão na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados obtidos nos testes

População	Indivíduos Reprodutores	Taxa de Mutação	Qt. de Genes Mutáveis	Iterações	Posição Inicial	Média Passos Corretos	% Acerto	Teste
50	30	15	1	1000	X6,Y6	38,8	60,625	10
200	180	0	1	1000	X1,Y1	40,2	62,812	10
300	285	220	5	1000	X3,Y3	41,4	64,688	10
300	285	220	3	1000	X3,Y3	43,1	67,344	10
100	80	60	1	1000	X4,Y4	44,4	69,375	10
300	150	120	1	1000	X3,Y3	46,0	71,875	10
150	120	100	1	1000	X7,Y7	46,3	72,344	10
200	190	120	1	1000	X1,Y1	48,1	75,156	10
300	285	220	1	1000	X3,Y3	48,8	76,25	10
300	285	220	1	10000	X3,Y3	52,8	82,5	5

De acordo com a Tabela 1, pode-se constatar que o tamanho da população afeta o desempenho global e a eficiência dos Algoritmos Genéticos. Em uma população pequena o desempenho pode cair, pois ela fornece uma pequena cobertura do espaço de busca do problema. Uma grande população geralmente fornece uma cobertura representativa do domínio do problema, além de prevenir convergências prematuras para soluções locais em vez de globais. No entanto, para trabalhar com grandes populações são necessários mais recursos computacionais ou que o algoritmo trabalhe por um período de tempo (iterações) muito maior.

Quanto maior for a quantidade de indivíduos reprodutores, mais rapidamente novas estruturas serão introduzidas na população. Mas se for muito alta, estruturas com boas aptidões poderão ser retiradas mais rapidamente que a capacidade da seleção em criar melhores estruturas. Se a quantidade for muito baixa, a busca pode estagnar.

Uma baixa taxa de mutação previne que a busca fique estagnada em sub-regiões do espaço de busca. Além disso, possibilita que qualquer ponto do espaço de busca seja atingido. Com uma taxa muito alta a busca torna-se essencialmente aleatória.

A Figura 5 mostra a tela com o melhor resultado obtido durante a realização dos testes.



Figura 5. Tela com o melhor resultado obtido nos testes

5. Considerações Finais

O algoritmo genético mostrou-se capaz de encontrar uma solução para o problema do cavalo do xadrez. Apesar de não ter encontrado uma média de acerto igual ou superior a 90% nos testes realizados, constata-se que com a manipulação adequada dos valores de influência do problema (Figura 4), pode-se obter melhores resultados. Vale ressaltar ainda, que quanto maior for a iteração, o que exige poder computacional, maior será a probabilidade de aumentar o percentual de acerto.

Para trabalhos futuros, sugere-se implementar o método de seleção da Amostragem Universal Estocástica e as técnicas de Fitness Sharing e Busca Tabu a fim de se obter melhor desempenho na busca pela solução.

6. Referências Bibliográficas

- Carvalho, Luis Alfredo Vidal de, “Datamining: A Mineração de Dados no Marketing, Medicina, Economia, Engenharia e Administração”, Érica, 2001.
- Fernandes, Anita Maria da Rocha, “Inteligência Artificial – Noções Gerais”, Visual Books, 2003.
- Ginsberg, M. (1993) “Essentials of Artificial Intelligence”, San Francisco: Academic Press/Morgan Kaufmann.
- Netto, Paulo O. B., “Grafos: Teoria, Modelos, Algoritmos”, Edgard Blucher, 1996.
- Rezende, Solange Oliveira, “Sistemas Inteligentes”, Manole, 2003.
- Russel, Stuart J., “Artificial Intelligence: A Modern Approach”, Prentice Hall, 2002.
- Winston, P. (1992) “Artificial Intelligence”, Addison-Wesley.