TÓPICOS-COMPUTAÇÃO EVOLUTIVA

Algoritmos Evolutivos para Otimização

INTRODUÇÃO

- A área de aplicação que tem recebido mais atenção é a otimização.
- Uma das razões é que existem uma variedade de problemas de otimização e a maioria deles sem solução por métodos discretos e contínuos.
- Além disso, algoritmos evolutivos conduzem um forte senso de otimização de aptidão objetiva no qual procedimentos de seleção por aptidão resultam em aumento da aptidão e diminuição da diversidade.
- Assim, se os indivíduos na população representam potenciais soluções para um problema de otimização e sua aptidão é diretamente relacionada com o critério de otimização, então os algoritmo produz soluções candidatas melhores e termina com uma solução.

OPT-AES

- Para tornar os algoritmos evolutivos mais eficientes para problemas de otimização são necessárias algumas modificações no algoritmo.
- Para enfatizar que o algoritmo possui modificações vamos chamá-los a partir de agora de OPT-AES.
- A mudança se deve ao fato de que algoritmo evolutivos maximizam a função de aptidão e problemas de otimização podem ser de maximizar ou de minimizar.
- Uma abordagem para lidar com isso é fazer com que o usuário formule o problema de otimização como maximização.
- No entanto é mais simples e melhor para o usuário que isso seja feito internamente.
- Então, para problemas de maximizar OPT-EAS definem a aptidão como sendo a função otimização. E para problemas minimizar como sendo menos (-) a função de otimização.

ESCALA DA APTIDÃO

- Distinguir entre a aptidão interna de OPT-AE e o critério de otimização interno é importante por diferentes razões:
  - Cria uma interface abstrata que permite que OPT-Aes sejam aplicados a uma variedade de problemas.
  - Provê uma oportunidade de manipular os valores da aptidão interna para melhorar a efetividade do algoritmo.
- Existem dois casos particulares que acontecem freqüentemente para justificar futuras discussões.

ESCALA DA APTIDÃO

- O primeiro caso envolve OPT-AES que utilizam seleção proporcional a aptidão.
  - Nesses casos a aptidão deve ser positiva, pois as probabilidades devem estar no intervalo [0, 1].
  - Visto que muitos problemas de otimização não fazem essa suposição, ao calcular a aptidão com base na função de otimização deve-se garantir que o valor da aptidão seja positivo.
  - Um meio para fazer isso é somar uma constante que torne os valores positivos.
- O segundo caso ocorre quando valores da aptidão interna são modificados para alterar a pressão de seleção sem alterar o método de seleção utilizado.
  - Por exemplo, utilizando a seleção proporcional, ao utilizar o quadrado da aptidão, a diferença entre os valores é ampliada e pode aumentar a taxa de convergência para a solução.

CONVERGÊNCIA E ELITISMO

- Em OPT-AE, a menos que exista um conhecimento específico *a priori* do problema de otimização, não é possível saber se o ótimo global foi encontrado.
- A alternativa é ter um ou mais critérios de parada.
- O mais utilizado é analisar a melhor solução encontrada, se essa permanecer inalterada por g gerações o algoritmo termina.
- No caso de problemas de otimização envolvendo número reais utiliza-se o critério da melhor solução permanecer g gerações com uma alteração menor ou igual a €.
- Outro critério utilizado é um número total de gerações, para os casos onde a convergência é muito lenta.
- Não importa o critério de parada a solução retornada é a melhor encontrada em toda a execução.

CONVERGÊNCIA E ELITISMO

- Nos casos em que o algoritmo evolutivo utiliza elitismo, ou seja somente as melhores soluções são preservadas, a melhor solução encontrada durante todo a execução estará presente na população final.
- Porém, quando o algoritmo evolutivo não utiliza elitismo é preciso salvar em uma variável extra a melhor solução encontrada durante toda a execução do algoritmo. Esse é o caso dos algoritmos genéticos geracionais.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS

- O tipo mais frequente de problema de otimização é a otimização de parâmetros: encontrar uma ou mais combinações de parâmetros que otimizem uma dada medida de desempenho.
- Dada uma função de otimização *f* de *N* argumentos, encontrar valores de *x* que maximizem ou minimizem *f*.
- Se a função *f* está disponível em forma fechada e não é muito complexa ela pode ser resolvida analiticamente.
- Na maioria dos casos, esse não é o caso, e procedimentos computacionais são desenvolvidos para encontrar as características do ótimo desejado.
- De todos os problemas de otimização a otimização de parâmetros é o mais fácil de ser resolvido por algoritmo evolutivos.
- Dadas as suas características a representação por um vetor *N* dimensional é óbvia e bate diretamente com a noção de gene e cromossomo.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS

- Essa é uma das áreas mas penetrantes e de sucesso de aplicação dos algoritmos evolutivos.
- Exatamente como projetar um algoritmo evolutivo como técnica de otimização de parâmetros depende do tipo particular de problema de otimização de parâmetros sendo endereçado.
- Uma importante propriedade é se os parâmetros possuem alguma restrição.
- Se as restrições são referentes aos limitantes superiores e inferiores dos parâmetros, então é aplicado um simples mapeamento entre genes e parâmetros, e os operadores de reprodução, como mutação podem ser aplicados independentemente em cada gene.
- Problemas com restrições mais complexas precisam de técnicas de algoritmos evolutivos mais complexas.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS

- Vamos considerar para as demais analises que os problemas são sem restrição.
- Os fatores que ainda precisam ser analisados dizem respeito a representação e os operadores que serão aplicados.
- Com a representação fenotípica os indivíduos correspondem diretamente a pontos no espaço de soluções e cada gene corresponde a um parâmetro. Nesse caso, os operadores de reprodução precisam ser selecionados de forma a perturbar e recombinar os parâmetros em si.
- Por exemplo, quando os parâmetros são números reais as mutações estocásticas são as mais indicadas, como a guassiana.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS

- Outra opção de representação é a genotípica, que envolve codificar os vetores de parâmetros utilizando algum tipo de código universal.
- Para computadores a código sugerido o código binário consistindo de uma string de 0s e 1s.
- Se o parâmetro pode ter V valores distintos, então uma string de $log_2(V)$ são suficientes para codificar o problema.
- Para codificar números reais eles precisam ser discretizados e o grau de precisam necessário precisa ser especificado.
- Tendo convertido cada parâmetro em um código binário de tamanho fixo, o vetor inteiro de parâmetros pode ser representado pela concatenação dos códigos dos parâmetros em uma string longa.
- Assim, os operadores de reprodução padrões podem ser aplicados.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NÚMEROS REAIS

- O tipo mais comum de problema de otimização de parâmetros é aquele no qual os parâmetros são números reais.
- Esse é o tipo de problema que tem sido visto nos exemplos utilizados no curso.
- Utilizar a representação fenotípica permite explorar o domínio conhecido com mais eficientemente.
- Para funções de otimização de valores reais existe uma variedade de propriedades que são potencialmente exploráveis.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NÚMEROS REAIS

- O operador de mutação Gaussiano *G(0,s)* explora a noção de continuidade: pequenas alterações nos valores dos parâmetros, resultam em pequenas alterações na aptidão.
- Mantendo diferentes tamanho de passo *s* para diferentes parâmetros permite lidar com diferenças significantes da escala dos parâmetros.
- A priori e ou dinamicamente o conhecimento adquirido sobre a interação dos parâmetros para ser utilizado para escolher genes particulares para mutação conjunta.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NÚMEROS REAIS

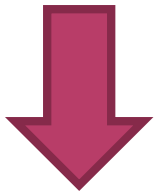
- Em adição as noções padrão de crossover, quando genes de números reais são utilizados, é também possível considerar uma versão combinada de recombinação na qual descendentes herdam uma combinação linear dos genes de seus pais, em vez de escolher entre um ou outro.
- Por exemplo, os genes dos filhos podem ser a média aritmética ou ponderada dos valores dos genes dos pais.

RECOMBINAÇÃO POR MÉDIA

- Na recombinação por média os valores dos genes do novo filho são a média dos valores dos genes dos pais.
- Por exemplo:

Pai 1	1.45	-2.73	4.01	0.17	3.27	-1.58	2.44
Pai 2	1.39	-2.42	3.27	1.23	1.38	-1.90	-0.48

Recombinação por Média



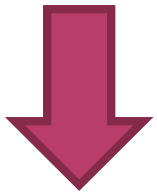
Filho 1	1.42	-2.57	3.64	0.7	2.32	-1.74	0.98

RECOMBINAÇÃO POR MÉDIA PONDERADA

- Outro meio de fazer uma recombinação com a mistura de valores é utilizar a média ponderada dos valores dos genes.

Pai 1	1.45	-2.73	4.01	0.17	3.27	-1.58	2.44
Pai 2	1.39	-2.42	3.27	1.23	1.38	-1.90	-0.48

Recombinação por Média Ponderada
(2*Pai1+4*Pai2)/6



Filho 1	1.41	-2.52	3.52	0.88	2.01	-1.79	0.49

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NÚMEROS REAIS

- Em uma forma similar, o uso da representação genotípica também permite a utilização de conhecimentos do domínio.
- Ao utilizar a codificação binária onde os valores dos parâmetros são discretizados e representados com strings binárias de tamanho fixo.
- Com o objetivo de executar a discretização, informações adicionais relativo aos limites superiores e inferiores e a resolução deve ser providenciado para cada parâmetro.
- Essas definições para a discretização dos parâmetros produz uma tendência *a priori* onde o espaço de busca está limitado e contém um número limitado de pontos.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NÚMEROS REAIS

- Uma preocupação da codificação binária de parâmetros de números reais é que essa não preserva a distância, isto é, pequenas modificações na string binária podem resultar em pequenas ou grandes mudanças nos números reais representados e vice versa.
- Isso torna difícil projetar um operador de mutação que simultaneamente faça pequenas alterações na string binária e nos números reais por eles representados.
- Como conseqüência, representações pelo código binário de Gray são freqüentemente preferidas por que eles tem a propriedade de que números reais discretizados adjacentes possuem representações binárias que diferem de somente um bit.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NÚMEROS REAIS

- Uma vez que os parâmetros do indivíduo tenham sido discretizados, a string do indivíduo é gerada pela concatenação em uma única string onde são aplicados os operadores de reprodução.
- Como não existe uma separação de genes por parâmetro, cada bit é considerado um gene, é possível desenvolver uma operação de recombinação que produza novos valores para os genes que não estavam presentes em nenhum dos pais.
- Além disso, pode ser que múltiplas operações de mutação alterem os bits que pertencem a um mesmo parâmetro.
- Um problema resultante dessa codificação é a dificuldade em incorporar heurísticas orientadas a parâmetro.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NÚMEROS REAIS

- Operadores de recombinação que introduzem novos valores para os parâmetros como combinação dos valores dos pais, em geral, produzem uma tendência no algoritmo que favorece os problemas que são compatíveis com a tendência e prejudica outros problemas.
- A chave para os desenvolvedores de algoritmos evolutivos entender as implicações da tendência e projetar otimizadores baseados em algoritmo evolutivos de acordo com elas.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NÚMEROS REAIS

- Em vez de escolher entre um pequeno conjunto de algoritmos evolutivos desenvolvidos, o projetista de um OPT-AE pensa em termos de uma família parametrizada de algoritmos que podem ser efetivamente ajustados fazendo ajustes dos parâmetros:
  - Tamanho da população de pais
  - Tamanho da população de descendentes
  - Pressão de seleção dos pais
  - Pressão de seleção dos sobreviventes
  - Representação
  - Operadores de reprodução
- Alguns acreditam que ter um algoritmo de otimização ajustável pode ser uma desvantagem, devido ao tempo que pode ser gasto ajustando o algoritmo. Mas isso não é uma desvantagem visto que existem valores pré-definidos que podem ser utilizados.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS INTEIROS

- Menos freqüente, mas igualmente difícil, são problemas de otimização de parâmetros de números inteiros.
- Uma forma de solucionar esses problemas é considerá-los como um caso especial de otimização de parâmetros com números reais.
- Outra forma é trabalhar com os números inteiros diretamente. Nesse caso é suficiente adaptar os operadores de reprodução para trabalharem com números inteiros, principalmente o operador de mutação.
- A última estratégia possível é utilizar a representação genotípica com a string binária. Para os números inteiros a conversão para representação binária é direta, pois seus valores já estão discretizados.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS SIMBÓLICOS

- As otimizações envolvendo números reais e inteiros tem a propriedade de que os valores dos parâmetros tem uma ordenação linear natural, então faz sentido falar sobre aumentar ou diminuir o valor de um parâmetro.
- No entanto, existem muitos casos nos quais os valores dos parâmetros não tem uma ordem natural, como os parâmetros de valores lógicos ou escolhas de cor de automóveis.
- Uma estratégia é mapear esses valores para números inteiros tratando-os como uma otimização de números inteiros. A eficiência dessa técnica varia de problema para problema.

OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS SIMBÓLICOS

- Outra estratégia é utilizar e manipular os valores diretamente. A principal alteração deve ocorrer no operador de mutação que deve selecionar um novo valor aleatoriamente utilizando uma distribuição uniforme definida sobre o conjunto de valores.
- A última estratégia é utilizar a representação genotípica, onde nada precisa ser alterado. Somente é necessário definir o mapeamento dos valores para a representação binária.

OTIMIZAÇÃO COM RESTRIÇÕES

- A maioria dos problemas de otimização possuem restrições que precisam ser obedecidas para os parâmetros.
- Além disso, na maioria dos casos os parâmetros não são independentes entre si.
- Uma das formas de adicionar restrições e dependências entre parâmetros é alterar a função de aptidão para penalizar soluções que não estejam de acordo com as restrições.
- Outra estratégia é alterar os operadores de reprodução para que eles ao produzir novos descendentes levem em consideração as restrições e as dependências entre os genes.