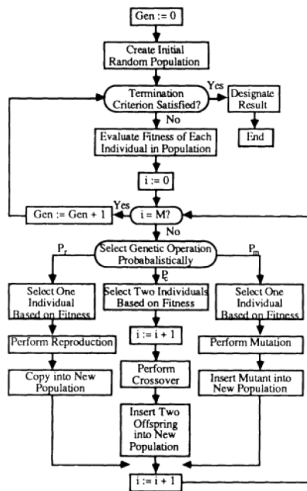
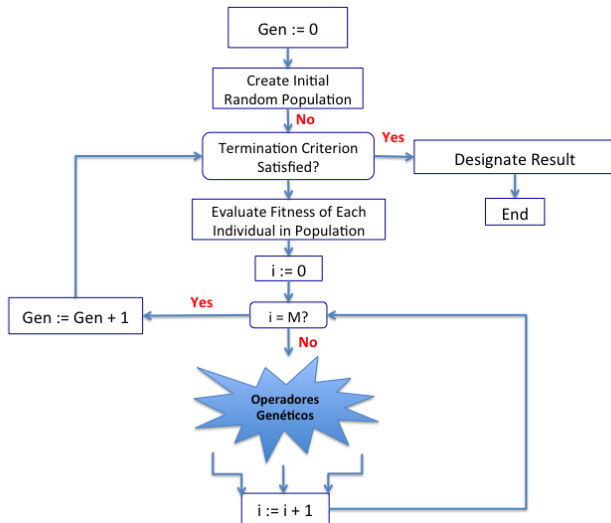


Algoritmo Genético - básico

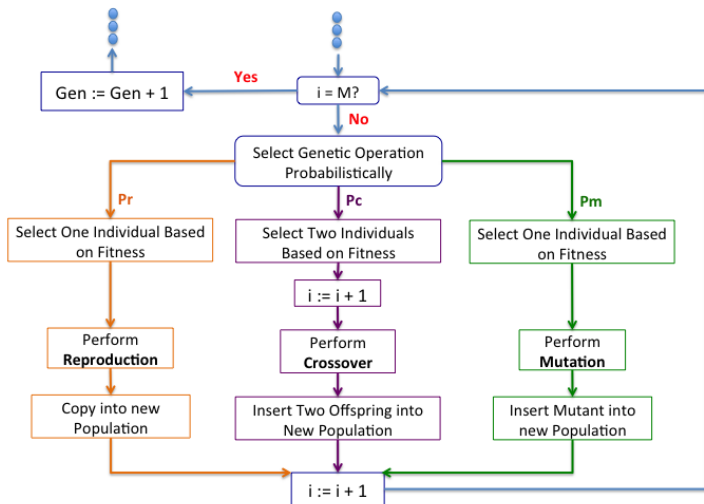


Koza J. R.. Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection. 6th print. MIT Press, England, 1998.

Algoritmo Genético - gerações



Algoritmo Genético - operadores genéticos básicos



O problema do Restaurante Hamburger

Definição do problem

Trata-se do problema de encontrar a melhor estratégia de negócios para uma cadeia de quatro restaurantes, considerando três decisões binárias:

- Preço: o preço do hambúguer dever ser 50 centavos ou 10 dólares?
- Bebida: deve ser servido vinho ou cola com o hamburgues?
- Serviço: o restaurante deveria fornecer um serviço lento e calmo, com garçons vestidos com ternos, ou deveria fornecer um serviço rápido e divertido, com garçons vestidos em uniformes de poliester brancos?

Meta

A meta é encontrar uma combinação dessas três decisões (i.e. uma estratégia de negócios) que maximize o lucro.

O problema do Restaurante Hamburger

Representação - cromossomo

Uma string de comprimento $L = 3$ com um alfabeto de tamanho $K = 2$. Para cada decisão, o valor 0 ou 1 é associado a uma posição no cromossomo. O espaço de busca para este problema consiste em $2^3 = 8$ possíveis **estratégias de negócios**.

Considere:

- Preço alto = 0; Preço baixo = 1;
- Bebida vinho = 0; Bebida cola = 1;
- Serviço lento = 0; Serviço rápido = 1;

Tabela : Representação de quatro restaurantes

| Id. Restaurante | Preço | Bebida | Serviço | Cromossomo |
|-----------------|-------|--------|---------|------------|
| 1 | alto | cola | rápido | 011 |
| 2 | alto | vinho | rápido | 001 |
| 3 | baixo | cola | lento | 110 |
| 4 | alto | cola | lento | 010 |

O problema do Restaurante Hamburger

Fitness

A avaliação do indivíduos (cromossomos - restaurante) será o valor decimal equivalente à string binária.

Tabela : Fitness da população na geração 0

| id. | String (X_i) | Fitness $f(X_i)$ |
|--------|------------------|------------------|
| 1 | 011 | 3 |
| 2 | 001 | 1 |
| 3 | 110 | 6 |
| 4 | 010 | 2 |
| Total | | 12 |
| Pior | | 1 |
| Médio | | 3.00 |
| Melhor | | 6 |

Operadores

Quatro operadores básicos:

- **seleção**: seleciona um indivíduo da população, de acordo com uma probabilidade decorrente de seu valor de fitness, para sofrer a aplicação dos operadores de reprodução, crossover ou mutação;
- **reprodução**: realiza uma cópia do indivíduo na população atual e o coloca na próxima população (geração);
- **crossover**: realiza a combinação genética de dois indivíduos criando indivíduos descendentes; também denominado como um operador de recombinação sexuada;
- **mutação**: realiza uma modificação aleatória em um ou mais genes do indivíduo.

O problema do Restaurante Hamburger

Considere a população da geração 0. O fitness do indivíduo 3 representa $\frac{f(X_3)}{\sum f(X_i)}$ do fitness total da população. Ele possui 50% de chance de ser selecionado para sofrer a atuação dos demais operadores. Considere, como exemplo, uma possível situação de aplicação dos operadores de seleção e reprodução.

Tabela : Fitness da população na geração 0

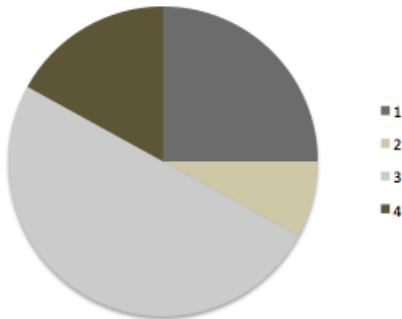
| id. | String (X_i) | Fitness $f(X_i)$ | $\frac{f(X_i)}{\sum f(X_i)}$ | Sel. e Reprod. | $f(X_i)$ |
|--------|------------------|------------------|------------------------------|----------------|----------|
| 1 | 011 | 3 | 0.25 | 011 | 3 |
| 2 | 001 | 1 | 0.08 | 110 | 6 |
| 3 | 110 | 6 | .050 | 110 | 6 |
| 4 | 010 | 2 | 0.17 | 010 | 2 |
| Total | | 12 | | | 17 |
| Pior | | 1 | | | 2 |
| Médio | | 3.00 | | | 4.25 |
| Melhor | | 6 | | | 6 |

Note que o fitness médio da população melhorou, o fitness total e o fitness do pior indivíduo também, mas o fitness do melhor indivíduo continua o mesmo.

O operador de seleção - roleta

Passos:

- calcule o fitness total da população;
- calcule a distribuição dos fitness dos indivíduos considerando o fitness total da população;
- construa a roleta atribuindo uma parte dela para cada indivíduo considerando a sua probabilidade (fitness) de sobrevivência na população;
- sorteie um número entre 1 e 100;
- posicione o número sorteado na roleta e selecione o indivíduos que ocupa essa parte da roleta.



O operador crossover de um ponto

Permite que novos indivíduos sejam criados. Com a aplicação do crossover, novos pontos no espaço de busca são testados. Na sua forma básica, produz dois novos indivíduos (seus descendentes). Os descendentes são (preferencialmente) diferentes dos pais e diferentes entre si e possuem material genético de ambos os pais.

Passos:

- dado dois indivíduos selecionados a partir do operador de seleção;
- selecione aleatoriamente um número entre 1 e $L - 1$ usando uma distribuição de probabilidade uniforme (ponto de crossover);
- separe cada um dos cromossomos pais em duas partes, de acordo com o ponto de crossover;
- combine as partes criando os dois novos cromossomos.

Executando ...

- PAI 1: 011 PAI 2: 110
- ponto de crossover: $L = 2$
- fragmentos do PAI 1: 01- e - -1
- fragmentos do PAI 2: 11- e - -0
- FILHO 1: 010 FILHO 2: 111

O problema do Restaurante Hamburger

Uma possibilidade e população considerando a aplicação dos operadores de reprodução e de crossover é:

Tabela : Fitness da população na geração 0

| id. | String (X_i) | Fitness $f(X_i)$ | $\frac{f(X_i)}{\sum f(X_i)}$ | Sel. e Reprod. | $f(X_i)$ | Pto. Cross. | X_i | $f(X_i)$ |
|--------|------------------|------------------|------------------------------|----------------|----------|-------------|-------|----------|
| 1 | 011 | 3 | 0.25 | 011 | 3 | 2 | 111 | 7 |
| 2 | 001 | 1 | 0.08 | 110 | 6 | 2 | 010 | 2 |
| 3 | 110 | 6 | .050 | 110 | 6 | — | 110 | 6 |
| 4 | 010 | 2 | 0.17 | 010 | 2 | — | 010 | 2 |
| Total | | 12 | | | 17 | | | 17 |
| Pior | | 1 | | | 2 | | | 2 |
| Médio | | 3.00 | | | 4.25 | | | 4.25 |
| Melhor | | 6 | | | 6 | | | 7 |

Obs.1: Considere que há uma probabilidade de crossover. Então apenas uma crossover ocorreu.

Arbitrariamente os indivíduos 3 e 4, que não reproduziram, foram repetidos no conjunto de indivíduos.

Obs.2: O indivíduo ótimo apareceu na população. Porém não necessariamente sabemos disso. Esse indivíduo deve dominar no operador de seleção e a população vai convergir para ele (os demais cromossomos vão, com o tempo, assumir a mesma codificação que este indivíduo).

O problema do Restaurante Hamburger

Assumindo que atingimos um critério de parada, a estratégia de negócios de resposta do algoritmo deve ser aquela que advém do indivíduo de melhor fitness:

- vender o hamburguer a 50 centavos;
- servir bebida a base de cola;
- oferecer um serviço rápido.

Critérios de parada

Número máximo de gerações, convergência da população, alcance da solução ótima se esse valor de fitness for conhecido.

O operador de mutação básico

Esse operador deve ser usado com moderação. Opera sobre um único indivíduo. A função do operador de mutação é inserir diversidade genética na população.

- Aleatoriamente selecione um indivíduo na população;
- Aleatoriamente escolha um número entre 1 e L (ponto de mutação);
- Aleatoriamente escolha um caracter do alfabeto e o insira no ponto de mutação;

Esquemas

Esquema

Um esquema consiste em um *template* que descreve um subconjunto dentro o conjunto de todos os indivíduos possíveis – descreve quais posições de sua codificação genética são idênticas. Um símbolo "coring" (*, por exemplo) é usado para representar as posições nas quais os cromossomos diferem.

Tabela : Exemplo de esquemas

| Esquema | Indivíduos |
|---------|-------------------------|
| 1* | 10 11 |
| 1*0*1 | 10001 10011 11001 11011 |
| **0 | 000 010 100 110 |

Teorema dos esquemas: by Holland

Um Algoritmo Genético é um manipulador de esquemas. Os esquemas contêm as características positivas e negativas que podem levar a uma boa ou má avaliação e o que o Algoritmo Genético apresenta uma tendência a propagar estes bons esquemas por toda a população durante sua execução.

Variações nos operadores

- **Crossover de dois pontos:** Melhora a capacidade do Algoritmo Genético de preservar *esquemas*. Por exemplo, o esquema 1 ***** 1 não pode ser mantido quando um crossover de um ponto é usado. No crossover de dois pontos seleciona-se dois pontos de corte. O primeiro filho será formado pela parte do primeiro pai fora dos pontos de corte e pela parte do segundo pai entre os pontos de corte. O segundo filho será formado pelas partes restantes. O crossover de dois pontos, por outro lado, tem mais probabilidade de quebrar esquemas longos.
- **Crossover uniforme:** É mais adequado para o objetivo de combinar esquemas, porém corre o risco de destruir totalmente o esquema. Para cada gene é sorteado um número no conjunto $\{0, 1\}$. Se o valor sorteado for igual a um, o filho número um recebe o gene da posição corrente do primeiro pai e o segundo filho recebe o gene corrente do segundo pai. Se o valor sorteado for zero, as atribuições serão invertidas.

Variações nos operadores

- **Crossover baseado em maioria:** Acelera a convergência genética. Nesse operador, sorteia-se n pais e faz-se com que cada *bit* do filho seja igual ao valor da maioria dos pais selecionados. Alternativamente pode-se associar probabilidade para cada valor, em vez de decidir diretamente pelo voto.
- **Probabilidades variáveis:** Pode ser interessante estabelecer uma função de decaimento da probabilidade do crossover, enquanto a mesma função rege o aumento da probabilidade de mutação. Essa mudança das probabilidades deve ser feita em função do tempo (gerações) e deve ser usada com cuidado.

Variações nos operadores

- **Mutação dirigida:** Imagine que o problema de convergência precoce (ou insistente) de uma população seja responsabilidade de um *esquema dominante* presente nos melhores indivíduos. Nesse caso, é necessário dirigir a mutação para esse esquema. Esse operador deve ser ativado depois que um grande número de gerações foi gerado. Quando ativado, ele busca as n melhores soluções e verifica qual é a bagagem cromossômica que elas têm em comum. Três problemas a tratar com esse operador: (a) quando começar a usar; (b) como dar sobrevida aos cromossomos gerados; (c) quando parar de usar.

Variações nos operadores

- **Seleção por torneio:** escolhe-se aleatoriamente k indivíduos (que participarão do torneio). O torneio consiste em deixar que o mais bem adaptado no grupo seja selecionado. Se k igual ao tamanho da população, então o melhor indivíduo sempre será selecionado. $k = 1$ é a única chance do pior indivíduo ser selecionado.
- **Seleção por ranking:** ordena os indivíduos de acordo com o seu valor de fitness e então aplica um procedimento que minimiza as diferenças entre suas avaliações. Então, o método roleta pode ser aplicado. Note que com a minimização das diferenças, os indivíduos terão chances mais parecidas de serem selecionados.
- **Seleção truncada:** apenas os $x\%$ melhores indivíduos participarão da seleção.

Adaptação de parâmetros

- **determinística:** aplica-se mudanças nos parâmetros, no decorrer da execução do Algoritmo Genético, seguindo alguma regra determinística. A regra modifica os parâmetros sem nenhum tipo de *feedback* do algoritmo. Ex: aumentar a probabilidade de mutação em 0,01% a cada geração criada.
- **adaptativa:** algum *feedback* do algoritmo é usado para determinar o valor do parâmetro para a próxima geração. Ex. Regra de $\frac{1}{5}$: se mais de $\frac{1}{5}$ das mutações forem bem sucedidas aumenta-se a taxa de mutação, caso contrário, diminui-se a taxa de mutação.
- **auto-adaptativa:** codificar os parâmetros do Algoritmo Genético dentro do cromossomo e deixá-los evoluir junto com a solução. % *sugestão do Linden ... sem mais esclarecimentos na bibliografia*

Algoritmo Genético

- trabalham com uma codificação do conjunto de parâmetros e não com os próprios parâmetros;
- realizam busca a partir de uma população de pontos (soluções) e não a partir de um único ponto;
- usam informação de retorno – feedback da função objetivo - e não informação derivativa ou outro tipo de conhecimento auxiliar;
- usa regras de transição probabilísticas e não regras determinísticas.

Exercício - Modelagem

Para cada um dos contextos:

- apresente uma ou mais representações para o cromossomo;
- apresente uma ou mais funções fitness;
- para cada representação e função fitness criada, mostre uma solução decodificada (fenótipo) e o seu valor de fitness;
- apresente um estudo sobre a geração de cromossomos inactiváveis a partir da aplicação dos operadores evolutivos (crossover e mutação);
- no caso dos operadores evolutivos gerarem soluções inactiváveis, discuta maneiras de tratar o problema ou com operadores alternativos ou com penalização na função fitness.