

Inteligência Artificial

Simulated Annealing

João C. P. da Silva

Ciência da Computação - UFRJ

January 1, 2021

Simulated Annealing

- O método Hill Climbing pode ficar preso em um máximo local uma vez que a escolha do próximo estado é sempre no sentido de melhorar (maximizar) o nó corrente.

Simulated Annealing

- O método Hill Climbing pode ficar preso em um máximo local uma vez que a escolha do próximo estado é sempre no sentido de melhorar (maximizar) o nó corrente.
- O método **Simulated Annealing** permite que eventualmente estados do problema com uma avaliação pior que o nó corrente possam ser explorados.

Simulated Annealing

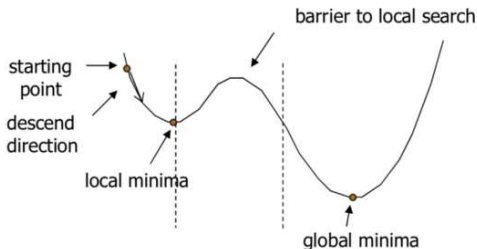
- O método Hill Climbing pode ficar preso em um máximo local uma vez que a escolha do próximo estado é sempre no sentido de melhorar (maximizar) o nó corrente.
- O método **Simulated Annealing** permite que eventualmente estados do problema com uma avaliação pior que o nó corrente possam ser explorados.
- O recozimento (annealing) é um processo metalúrgico no qual um material é aquecido e, em seguida, resfriado o que permite que ele possa ser melhor trabalhado. Quando aquecido, os átomos do material estão mais livres para se movimentar e, por meios de movimentos aleatórios, tendem a se acomodar em posições melhores. Um resfriamento lento permite que o material atinja um estado cristalino de baixa energia.

Simulated Annealing

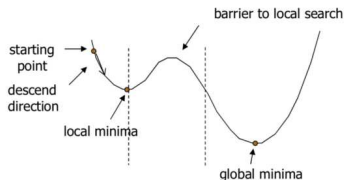
- O método Hill Climbing pode ficar preso em um máximo local uma vez que a escolha do próximo estado é sempre no sentido de melhorar (maximizar) o nó corrente.
- O método **Simulated Annealing** permite que eventualmente estados do problema com uma avaliação pior que o nó corrente possam ser explorados.
- O recozimento (annealing) é um processo metalúrgico no qual um material é aquecido e, em seguida, resfriado o que permite que ele possa ser melhor trabalhado. Quando aquecido, os átomos do material estão mais livres para se movimentar e, por meios de movimentos aleatórios, tendem a se acomodar em posições melhores. Um resfriamento lento permite que o material atinja um estado cristalino de baixa energia.

Simulated Annealing

- No **Simulated Annealing**, a temperatura é usada para controlar o grau de estocasticidade durante a pesquisa aleatória. A temperatura começa elevada, permitindo que o processo se mova livremente pelo espaço de busca, com a esperança de que nesta fase o processo encontre uma boa região com o melhor mínimo local. A temperatura é então reduzida lentamente, reduzindo a estocasticidade e obrigando a busca a convergir ao mínimo.

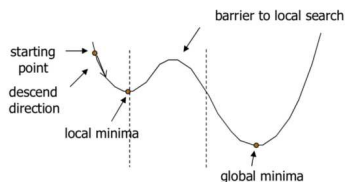


Simulated Annealing



- Frequentemente usado em funções com muitos mínimos locais devido à sua capacidade de escapar deles.

Simulated Annealing



- Frequentemente usado em funções com muitos mínimos locais devido à sua capacidade de escapar deles.
- A cada iteração, um estado x' , vizinho do estado corrente x , é avaliado e aceito como próximo estado a ser considerado quando

$$\begin{cases} 1 & \text{se } \Delta \leq 0 \\ \min\{e^{-\Delta/t}, 1\} & \text{se } \Delta > 0 \end{cases}$$

onde $\Delta = f(x') - f(x)$, sendo f a função objetivo, e t é a temperatura (controla a probabilidade de aceitação).

- Fator de decaimento para a temperatura: $t^{(k+1)} = \alpha t^{(k)}$, para $\alpha \in [0, 1]$.

Simulated Annealing

```
function SIMULATED ANNEALING( $iter_{max}$ , Temp,  $\alpha$ )  
  EstadoCorrente  $\leftarrow$  EstadoInicialAleatorio  
  MelhorEstado  $\leftarrow$  EstadoCorrente  
  TempCorrente  $\leftarrow$  Temp  
  for  $i$  in  $[1, iter_{max}]$  do  
    Vizinho  $\leftarrow$  vizinhoAleatorio(EstadoCorrente)  
     $\Delta = f(\text{Vizinho}) - f(\text{EstadoCorrente})$   
    if  $\Delta \leq 0$  then  
      EstadoCorrente  $\leftarrow$  Vizinho  
      if  $f(\text{Vizinho}) \leq f(\text{MelhorEstado})$  then  
        MelhorEstado  $\leftarrow$  Vizinho  
      end if  
    else  
      if  $e^{-\Delta/t} > \text{random}(0, 1)$  then  
        EstadoCorrente  $\leftarrow$  Vizinho  
      end if  
    end if  
    TempCorrente =  $\alpha * \text{TempCorrente}$   
  end for  
  return MelhorEstado,  $f(\text{MelhorEstado})$   
end function
```

Inteligência Artificial

Simulated Annealing

João C. P. da Silva

Ciência da Computação - UFRJ

January 1, 2021