

Sistemas Imunológicos artificiais

Artificial Immune Systems (AIS)

Andressa M. Umetsu, Renan S. Silva

`andressa.umetsu@gmail.com`

`uber.renan@gmail.com`

Departamento de Ciência da Computação
Centro de Ciências Tecnológicas
Universidade do Estado de Santa Catarina

6 de Junho de 2016

Introdução

Definições:

- Imunologia é o estudo dos mecanismos de defesa de um organismo contra infecções;
- O sistema cuja a responsabilidade é proteger o corpo contra ataques de micro-organismos é denominado de sistema imunológico;
- O sistema imunológico reconhece e seletivamente elimina invasores através de um processo denominado de resposta imune [1];
- Qualquer substância ou agente capaz de produzir uma resposta imune é chamada de antígeno.

Interesse

De um ponto de vista computacional, o sistema imunológico é interessante por ter capacidade de [2]:

- Reconhecimento
- *Feature Extraction*
- Diversificação
- *Learning*
- Memória
- Detecção distribuída
- Auto-organizável/regulável
- *Metadynamics*
- *Immune Network*



Inspiração

O interesse em sistemas imunológicos artificiais não está na reprodução e execução do sistema com alta fidelidade. Mas sim na busca de inspiração para o desenvolvimento de ferramentas computacionais para solução de problemas (J. Timmis et al, 2003).

Componentes

O sistema imunológico é composto de dois componentes:

Inato É a parte não específica do sistema imunológico, que opera de modo genérico nos patógenos. Oferece resposta imediata.

Adaptativo Parte do sistema imunológico capaz de aprender e oferecer resposta específicas para patógenos. Torna-se mais forte na segunda invasão.

Respostas primárias e secundárias

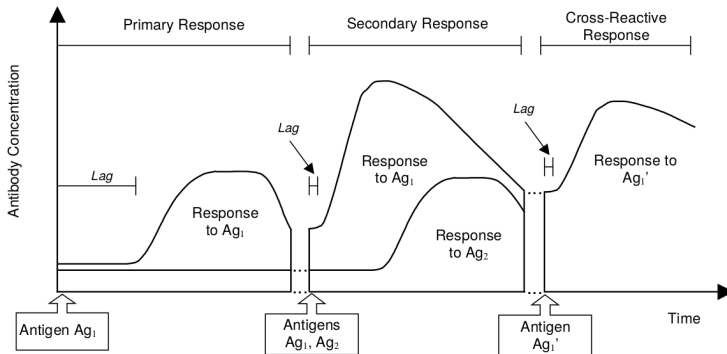


Figura: Respostas primárias e secundárias (De Castro e Timmis, 2002)

Sistema imunológico adaptativo

- Composto principalmente de células-B e células-T, produzidos na medula óssea e no timo, respectivamente.
- Células T são subdivididas em: ajudantes, assassinas e supressoras.
- Estas células provem três comportamentos que são de interesse computacional: Seleção negativa, seleção clonal e hiper-mutação somática.

Respostas primárias e secundárias

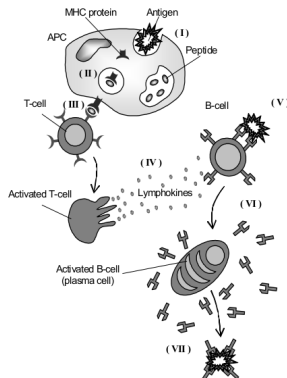


Figura: Mecanismo de resposta do sistema imunológico adaptativo (De Castro e van Zuben, 1999)

Seleções

Seleção Negativa: Processo de seleção que remove células-T que reagem ao próprio corpo.

Seleção clonal: Modela como a resposta imune ocorre através da multiplicação de células-T.

Hiper-mutação somática: Mecanismo de mutação para maximizar a afinidade.

Aplicações

Sistemas Imunológicos Artificiais pode ser aplicado nas seguintes áreas:

- Detecção de anomalias e falhas;
- Reconhecimento ou Classificação de padrões;
- Otimização;
- Análise de dados;
- Segurança computacional
- Aprendizagem de máquina;

Estas aplicações utilizam de algoritmos que serão apresentados a seguir.

Representação

Os elementos do sistema imunológico são representados computacionalmente por cadeias de atributos. O tipo de atributo escolhido para representação, pode ser das seguintes formas:

- espaço de forma real: cadeia de valores reais
- espaço de forma inteira: cadeia de valores inteiros
- espaço de forma de *Hamming*: composto de cadeia construído com alfabeto finitos de comprimento k ;
- espaço de forma simbólica: composto de cadeia onde pelo menos um é simbólico

Medida de Afinidade

Para medir a afinidade entre duas cadeias é utilizada o cálculo de distância. Quanto menor a distância, maior a afinidade.

- Distância Euclidiana
- Distância de Manhattan
- Distância de Hamming
- r-bits contíguos

Algoritmos Imuno-Inspirados

- Algoritmos de Geração de Receptores;
- Algoritmo de Seleção Negativa;
- Algoritmos de Seleção Clonal;
- Rede imunológica;
- Teoria do perigo;



Algoritmos de geração de receptores

Os algoritmos de geração de receptores realizam funções análogas a medula óssea, a qual é responsável pela geração da população de células imunológicas. Estes algoritmos podem ser mais simples ou mais complexos.

Algoritmos de geração de receptores

- Simples: gera uma cadeia de atributos com comprimento L , utilizando um gerador aleatório.
- Complexo: gera cadeias de bits a partir de uma concatenação de diferentes componentes genéticos, os quais são selecionados de forma aleatória, cada um de uma biblioteca de genes diferente. [1]

O comprimento L da cadeia, o número de bibliotecas e os tipos de atributos são todos elementos dependentes do domínio do problema.

Algoritmos de Seleção Negativa - NSA

- Aplicado em reconhecimento de anomalias;
- Baseado no mecanismo de seleção de células T;
- Possui duas etapas: a geração e a detecção.
- Componente principal do algoritmo é a regra de detecção.

Algoritmos de Seleção Negativa - NSA

Etapa da geração [1]

- 1 Definição células próprias como um conjunto de cadeias S ;
- 2 Geração de cadeias de forma aleatória;
- 3 Testes a similaridade entre as cadeias pertencentes a S ;
- 4 Caso a similaridade seja alta então, reconhece uma própria como anomalia, esta cadeia deve ser eliminada.
- 5 Caso contrário, a cadeia é selecionada como uma imunocompetente.

Similaridade é determinada como alta se for superior a uma limiar.

Algoritmos de Seleção Negativa - NSA

Etapa da detecção [1]

- Monitoração do conjunto de cadeia que deseja proteger, para isso utilizar o conjunto de detectores gerados na etapa anterior;
- Caso a similaridade seja alta entre o detector e a cadeia.
Significa que ocorreu uma anomalia.

Similaridade é avaliada com a pré-determinada na etapa de geração.

Algoritmos de Seleção Clonal

- Aplicado em reconhecimento de padrões, aprendizado de máquina e otimização;
- Reconhece uma população de antígenos;
- Busca pela otimização de uma ou várias funções, é inspirado na maturação do sistema imunológico;

Algoritmos de Seleção Clonal - CLONALG

São três etapas no processo de melhora das soluções utilizando CLONALG:

- 1 Clonagem das soluções;
- 2 Hipermutação das novas células geradas;
- 3 Seleção das quais possuem maior afinidade em relação ao antígeno.

Algoritmos de Seleção Clonal - CLONALG

Algoritmo básico[1]:

- 1 Geração aleatória de uma população inicial de anticorpos;
- 2 Dado um conjunto de antígenos, selecione um antígeno a_i ;
- 3 Para cada célula b_j da população de anticorpos calcule a afinidade entre a_i e b_j ;
- 4 Criação de uma nova população com os clones dos anticorpos de afinidade mais alta. O número de clones varia de acordo com a afinidade;

Algoritmos de Seleção Clonal - CLONALG

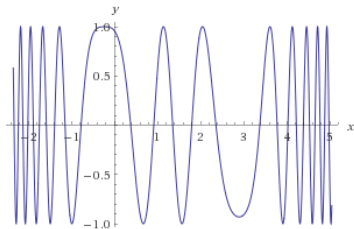
Continuação do Algoritmo básico:

- 1 Realização de uma mutação na nova população de clones com uma taxa inversamente proporcional á sua afinidade.
- 2 Adiciona estes na população de anticorpos, e seleciona o melhor que irá servirpa como memória do antígeno.
- 3 Substituição das células com menor afinidade por novas células geradas aleatoriamente.
- 4 Repetir passo 2 em diante até critério de parada seja atingido.

Exemplos

Otimizar $\min f(x)$, onde

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \cos(x^3 - 4x^2 - 2x + 6) \quad (1)$$



Exemplos

Exemplos retirados de *Clever Algorithms*, por *Jason Brownlee*;

- Clonal Selection Algorithm (CLONALG)
- Optimization Artificial Immune Network (opt-aiNet);

Referencias I



L. de Castro, J. Timmis, Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach, Springer, 2002.

URL

<https://books.google.com.br/books?id=aMFP7p8DtaQC>



J. Timmis, T. Knight, L. N. de Castro, E. Hart, An overview of artificial immune systems, in: Computation in Cells and Tissues, Springer, 2004, pp. 51–91.