

Aplicações do Neuro Darwinismo

Mariane Fogaça Galhardo
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação - UNICAMP
marianefg@yahoo.com.br

Abstract

This paper aims to present briefly what neural Darwinism means, which is based on natural selection and diversity. The projects here presented have been based on neural Darwinism and learning through experience as the basis of its and, along with experience, natural selection based on information which stand out when compared to others.

Keywords: Neuro Darwinismo, teoria de seleção, Inteligência Artificial, Ciência Cognitiva, Cognição Artificial, Mentes Artificiais.

Introdução

A Ciência Cognitiva é uma ciência multidisciplinar, que possui fronteiras com a inteligência artificial e as neurociências, dentre outras disciplinas.

Sendo a mente o objeto de estudo da Ciência Cognitiva quando pensamos em inteligência artificial e cognição, podemos associar essas disciplinas a mentes artificiais e cognição artificial.

A Cognição Artificial tem como objetivo gerar sistemas artificiais que reproduzam processos cognitivos. Dentro da cognição artificial alguns trabalhos utilizaram o neuro darwinismo em mentes artificiais.

Este trabalho irá apresentar uma breve descrição sobre o que é o Neuro Darwinismo e algumas de suas aplicações dentro da Inteligência Artificial.

Discussão

1. Neuro Darwinismo

O Neuro Darwinismo, segundo [6] NPQ, aborda os processos cerebrais e tem como base a teoria evolutiva e a imunologia. Ele sugere que o desenvolvimento do cérebro e sua dinâmica são naturalmente selecionados.

Para [6] Gerald Edelman, o cérebro não é um sistema lógico como um computador que processa somente informações programadas e sim, um sistema de seleção que através de padrões de reconhecimento, coloca sempre informações juntas e sempre de uma nova maneira.

É este repertório de seleção no cérebro que faz cada indivíduo único, proporcionando, por exemplo, a criatividade na música e na arte.

Ainda segundo Edelman, não existe um mapeamento para criar a mente, pois existe uma pluralidade imprevisível de possibilidades. E, em um sistema de seleção essa diversidade proporciona a oportunidade favorável para a seleção.

O Neuro Darwinismo define que para ocorrer os processos de seleção, deve existir um conjunto de elementos tendo como característica a diversidade, como por exemplo, membros individuais de uma espécie ou os neurônios no cérebro. No caso dos neurônios, o grupo de neurônios que se sobressair, ou seja, se mostrar mais forte, é o grupo selecionado. Esse grupo selecionado se reproduz ou é amplificado. O segredo da teoria de seleção é encontrar as unidades apropriadas de seleção.

Para [7] W. H. Calvin, o Neuro Darwinismo é uma abordagem de como o sistema nervoso se organiza, armazena informações e cria novos padrões de comportamento.

2. Aplicações do Neuro Darwinismo

O Neuro Darwinismo foi utilizado em diversos estudos e experimentos, nesta seção alguns desses estudos serão apresentados.

2.1. Visual Routine for Eye Detection (VRP) – Instruções padrões para detecção visual

O VRP pressupõe a existência de um conjunto de rotinas visuais que podem ser aplicadas na base de representações de imagens sujeitas a funcionalidades específicas que são

impulsionadas pelas tarefas em mãos e são codificados através do controle centralizado.

Segundo [5] J. Bala, K. DeJong, J. Huang, H. Vafaie e H. Wechsler, o reconhecimento facial começa com a detecção de padrões faciais, providos pela normalização de imagens faciais para estimar mudanças geométricas e de iluminação, possibilitando o uso de informações sobre a localização e a aparência de marcas faciais, como os olhos. Em seguida identifica a face utilizando algoritmos de classificação e os resultados após o processo, utilizando modelos baseados em esquemas e logística de retorno. A detecção dos olhos tem um papel importante na normalização e facilita adicionalmente na localização de outras marcas faciais.

O VRP utiliza algoritmos genéticos para a detecção facial.

O problema do VRP é que ele requer uma busca em um grande espaço de combinações não lineares de ordem superior. Sendo assim, custoso.

Para resolver esse problema, foram utilizados métodos alternativos, utilizando seleção natural e evolução e, algoritmo genético.

O primeiro passo na aplicação de algoritmos genéticos para problema de seleção de características é mapear o espaço de pesquisa na representação adequada para a pesquisa genética. Desde que o principal interesse é a representação de espaço de todos os subconjuntos possíveis da lista de características originais, a forma simples de base de representação considera características acessórias como um gene binário. Cada indivíduo é então representado como uma string binária de tamanho fixo permanentes para um subconjunto da lista de características originais.

A escolha de um processo adequado de avaliação é um passo essencial para o sucesso da aplicação dos algoritmos genéticos para qualquer domínio de problema. Procedimentos de avaliação fornecem algoritmos genéticos com retorno sobre a capacidade de cada indivíduo na população. Algoritmos genéticos utilizam este retorno para influenciar o processo de pesquisa e melhorar a capacidade média da população. Avaliação de capacidade se torna disponível num desempenho de árvores sendo induzida e avaliada.

2.2. Categorização perceptiva e condicionamento operante em Cérebros baseados em dispositivos (Brain-Based Devices – BBD`s)

BBDs não são programados por instruções, como computadores, mas sim como sistemas biológicos, eles operam de acordo com princípios selecionadores que os permitem se adaptar ao ambiente. Este projeto, que processa estrutura anatômica e dinâmicas neurais em larga escala, difere fundamentalmente dos robôs feitos com propósitos de engenharia.

BBDs devem seguir os seguintes princípios de projeto: (a) Estar engajado em uma tarefa comportamental, (b) Seu comportamento deve ser controlado por um sistema nervoso simulado tendo um projeto que reflete o comportamento e a dinâmica cerebral, (c) Seu comportamento é modificado por retribuição ou valores de sistema que sinalizam a proeminência do ambiente deixada para o sistema nervoso do BBD, (d) Deve estar situado no mundo real.

Estas características resultam em um sistema que autonomamente generaliza sinais do ambiente em categorias perceptivas e adapta seu comportamento, então ele se torna cada vez mais bem sucedido em lidar com seu ambiente.

2.2.1 Darwin VII

O comportamento do Darwin VII mostrou que o dispositivo baseado no cérebro operando sobre princípios biológicos e sem instruções pré-determinadas pode dar conta do reconhecimento de objetos e respostas condicionadas.

Para [1] J. L. Krichmar e G. M. Edelman, o desenvolvimento de respostas categóricas requer exploração do ambiente e adaptação sensorimotor através de grandes mudanças individuais e específicas nas forças de conexão.

Darwin VII é guiado por um sistema nervoso modelado como o sistema nervoso dos vertebrados, mas com menos neurônios e uma arquitetura mais simples.

Uma unidade neuronal em Darwin VII foi simulada por um modelo de taxa média de disparo, a atividade de cada unidade corresponde aproximadamente à atividade média de um grupo de neurônios.

A força das conexões entre duas unidades pode mudar baseada na atividade de envio da

unidade, chamada de unidade pré-neural, e o recebimento da unidade chamada de unidade de pós-sinapse. Se a atividade de envio e recebimento são simultaneamente fortemente ativas, a conexão entre eles é reforçada. Se a atividade de envio e recebimento das unidades é simultaneamente enfraquecida a conexão é enfraquecida. Algumas conexões são então afetadas pelo sistema de valores. A força da conexão entre essas unidades é amplificada quando o sistema de valores foi ativado.

Durante os experimentos de condicionamento, em que muitos estímulos foram encontrados ao longo de um extenso período de tempo, Darwin VII desenvolveu categorias de percepção que modificaram suas respostas comportamentais em uma maneira de se adaptar. Enquanto o desempenho é melhorado com o treino, ele nunca alcançará a perfeição e alguns erros ocasionais serão cometidos. Esta imprevisibilidade é uma propriedade geral dos sistemas de seleção, ou seja, os sistemas consistem em uma população de repertórios variados que são amplificados diferentemente, produzindo, assim, respostas para eventos novos ou imprevisíveis.

A imprevisibilidade das respostas comportamentais no Darwin VII acoplado com a variedade de ambientes complexos permite aos dispositivos aprender após os erros, generalizar sobre entradas sensoriais e lidar com novas situações.

Um dos experimentos realizados com o Darwin VII foi o efeito das variações em estímulos finais e a frequência de desenvolvimentos precoces.

O Darwin VII pode realizar reconhecimento de objetos e dar respostas condicionadas.

Ele possui uma câmera destinada à visão, um microfone para a audição, sensor de condutividade utilizado para reproduzir o paladar. Ele consegue movimentar sua base e sua cabeça e possui uma “garra” que o possibilita pegar.

Seu comportamento é guiado por um sistema nervoso modelado sobre o sistema nervoso dos vertebrados.

O experimento realizado com o Darwin VII utilizou blocos. Esses blocos apresentavam diferentes desenhos em suas superfícies. Alguns apresentavam linhas verticais, outros, linhas horizontais e outros, circunferências.

Ao pegar os blocos com sua garra, o Darwin VII recebia sinais elétricos. Dependendo do sinal elétrico fornecido, o robô apresentava um comportamento de aversão ou não. Esse comportamento procura reproduzir o paladar.

Inicialmente, o Darwin VII se utiliza de experimentação, porém, após alguns testes, ele já é capaz de se utilizar da experiência adquirida.

Similar aos organismos biológicos, diferentes temas do Darwin VII e os temas clonados do Darwin VII com diferentes experiências nunca mostraram padrões idênticos de atividades neurais, mesmo durante repetições do mesmo comportamento. Entretanto, comportamentos de adaptação tendem a permanecer, apesar da variação semelhante no sistema de propriedades resultante de múltiplas interações através do circuito, conexões plásticas sinápticas, valores flutuantes de sistema, e objetos variáveis encontrados. Neste ponto, Darwin VII é um exemplo de um sistema degenerado: circuitos diferentes e dinâmicos podem produzir comportamentos similares. Degeneração é uma propriedade dos sistemas biológicos e é necessária para a seleção natural.



Figura 1 – Darwin VII

2.2.2. Darwin VIII

O Darwin VIII demonstra a habilidade de ligar os atributos de um estímulo em um cenário.

Ele resolve o então chamado problema de ligação, ou seja, mostra como diferentes áreas cerebrais e suas modalidades podem produzir uma resposta de percepção coerente na ausência de um controle superior.

[1] J. L. Krichmar e G. M. Edelman, o Darwin VIII simula o sistema nervoso similarmente ao Darwin VII, mas com um sistema visual mais intenso para detectar cores e formas, além de reentrada; conexões recíprocas dentro e entre áreas neurais.

Em um experimento realizado com o Darwin VIII, são apresentados dois diamantes ao robô, um diamante vermelho e um diamante verde e, ele se aproxima do diamante vermelho.

Ele foi treinado para preferir um dos objetos apresentados a ele e demonstra sua preferência se orientando em direção do objeto preferido. Quando ele está em frente de dois objetos ele aprende com sucesso a caminhar em direção do alvo preferido, evitando o outro objeto.

O Darwin VIII demonstrou a habilidade de ligar características visuais em categorias coerentes em um cenário através de sincronia e mostrou que é possível em um ambiente do mundo real quando objetos estão constantemente mudando de tamanho e posição.

2.3. Modelo Fisiológico de Emoções (PME)

Em seu artigo, [4] L. B. Almeida, B. C. Silva e A. L. C. Bazzan descrevem o Modelo Fisiológico de Emoções. A seguir esse modelo é apresentado.

O PME tem como principal objetivo modelar um agente capaz de mostrar um comportamento inteligente e não apenas um comportamento “aparentemente” inteligente, ou seja, não tem a intenção de modelar alguns efeitos de um comportamento inteligente, mas os mecanismos básicos desses efeitos.

Um agente modelado pelo PME mostra um comportamento inteligente que evolui por geradores de intenção e estados emocionais.

O estado emocional é um dos mais importantes mecanismos que compõe o fenômeno de comportamento inteligente de homens e animais. Os estados emocionais influenciam no processo de tomada de decisão.

A tomada de decisão é suportada por respostas positivas e negativas do corpo, agindo como inibidor ou estimulante de uma dada escolha.

O Modelo Fisiológico de Emoções utiliza o corpo como o principal gerador de intenções e considera um conjunto restrito de estados emocionais influenciando a tomada de decisões.

Neste modelo a idéia de célula cede lugar a um conjunto de células formando órgãos ou tecidos. Com isso, cada célula é sumarizada no funcionamento de órgãos e tecido.

Como um modelo simplificado de um organismo, o PME inclui um grupo restrito de órgãos e tecidos que são necessários para o funcionamento básico de um organismo.

Os órgãos básicos utilizados no PME são:

- Sistema respiratório: responsável por transportar o oxigênio do ar para a corrente sanguínea e expelir o dióxido de carbono.
- Sistema digestivo: onde os nutrientes, neste caso a glicose, são absorvidos e os resíduos são eliminados.
- Sistema endócrino: é muito importante para as reações emocionais e comportamento sexual.
- Sistema circulatório: efetivamente, carrega o oxigênio, dióxido de carbono, glicose e hormônios através das veias e artérias para todos os órgãos do organismo.
- Sistema urinário: onde o rim filtra o sangue e envia os resíduos (urina) para a bexiga para armazenamento até que possa ser eliminada.
- Sistema nervoso: crucial no controle de todo o sistema acima.

Cada órgão age como um gerador de intenção, uma vez que necessita de oxigênio e nutrientes para trabalhar. Portanto, a falta de qualquer substrato faz o órgão trabalhar de maneira imprópria gerando diferentes estímulos para o sistema nervoso. A estratégia de controle deste modelo é o neuro darwinismo.

Neste modelo o cérebro interage com dois ambientes concorrentes, o ambiente externo, onde o agente está imerso, e o ambiente interno, ou seja, o próprio agente.

Aspectos fenotípicos de um organismo são selecionados durante a evolução como as mudanças de sinapse que ocorrem durante as experiências e desenvolvimento do cérebro.

O PME procura retratar as manifestações fisiológicas de emoções do organismo, como aceleração dos batimentos cardíacos, vasoconstrição, vasodilatação e a liberação de hormônios na rede sanguínea.

Isso faz a criatura retratar diferentes percepções (internas e externas), modificando diretamente seu comportamento.

2.4. Artificial Life

Artificial Life (ALife) propõe a utilização de um conjunto de conceitos evolutivos como uma estrutura de computador para a simulação de mudanças no desenvolvimento durante a infância.

Segundo [3] M. Schlesinger, a meta geral da pesquisa do ALife é simular todos os fenômenos biológicos, os reais e possíveis. À medida que a evolução é um aspecto crítico do processo biológico, os métodos da computação evolutiva desempenham um papel proeminente em muitos modelos do ALife. As pesquisas do ALife frequentemente estressam a correspondência entre processos evolutivos em seus modelos, e aqueles que ocorrem no mundo real. Em outras palavras, os métodos da evolução computacional não são apenas uma metáfora para mudança evolutiva, mas um compacto conjunto de técnicas para investigar os processos do neuro darwinismo em computador.

Enquanto alguns pesquisadores do ALife utilizam robôs para lançar questões evolutivas, uma meta mais genérica de robôs evolutivos é o estudo do comportamento adaptativo em máquinas e sistemas robóticos. Neste contexto, o uso de métodos de computação evolutiva representa uma prática ou aproximação pragmática, em que o pesquisador pergunta: Como podemos construir um robô que aprende a resolver este problema?

Em contraste aos métodos da inteligência artificial, robôs evolutivos frequentemente começam com robôs “ingênuos” que aprendem explorando e interagindo com o ambiente. Existem duas vantagens-chaves para essa aproximação. Primeiro, em muitas tarefas a solução dominante pode não ser conhecida antecipadamente, ou pode ser muito difícil de computar diretamente. Segundo, métodos de computação evolutiva fornecem uma poderosa forma de pesquisa paralela, onde 100, ou talvez 1000 robôs competem para resolver um problema.

As metas são identificar a gama de soluções que existem para uma tarefa fornecida,

e investigar alternativas métricas para medição de valores adaptativos destas estratégias.

A tarefa a ser investigada é a do modelo de uma criança com uma idade média de três meses. Nessa fase, as crianças começam a alcançar objetos próximos a ela. A tarefa de alcançar objetos será investigada.

Utilizando a computação evolutiva, quatro elementos de um modelo precisam ser projetados e implementados:

(a) Corpo - requer no mínimo um braço e um olho. Este agente pode ser simulado em computador ou implementado em um robô com braço e uma câmera de vídeo. Em seguida se deve fornecer ao agente sensores de entrada para os olhos, o braço e a mão. Músculos simples para os olhos e braços. E, finalmente um sistema de controle motor para converter os sinais de entrada em sinais motores.

(b) Código genético, (c) um ambiente e (d) um algoritmo de aprendizagem.

O algoritmo de aprendizagem, ou neste caso, o conjunto de computações que modificam o genoma através de gerações sucessivas. Uma estratégia comum é primeiro projetar uma função de conveniência, que aumenta a chance de reprodução do agente a cada tempo que ele realiza as tarefas.

Resumindo, uma população é projetada e construída. Na população inicial cada agente completa uma string binária randômica como seu genótipo. O genótipo é mapeado para o fenótipo que inclui pesos de conexão na rede neural do agente; outras características também podem ser geneticamente codificadas. Cada geração de agentes compete na tarefa de alcançar um objeto próximo e incrementa sua capacidade quando com sucesso no contato com o alvo após várias tentativas. O agente de maior sucesso é então selecionado e utilizado para produzir a próxima geração. O processo de evolução e reprodução até um desempenho com critério predeterminado e alcançado.

2.5. Cognitive Situated Software Agent (CSSA)

A arquitetura utilizada para criar o CSSA está de acordo com os aspectos biológicos do neuro darwinismo apresentado na seção 1.

O CSSA foi desenvolvido como parte de um ambiente artificial. Este mundo artificial em estreita analogia ao mundo natural irá ser composto pelo CSSA (análogo aos organismos

vivos com sistema nervoso) e componentes de software (análogos a entidades inanimadas).

Segundo [2] B. A. Santos e H. E. Borges, os componentes do CSSA podem ser classificados em cognitivos e não-cognitivos e são responsáveis pelas capacidades de adaptação do CSSA.

Dentre todas as suas estruturas, o CSSA apresenta a estrutura funcional “ArtificialNeuronalGroups” (ANG) que é análoga ao neuro darwinismo da teoria de seleção de grupos neurais. Nesta estrutura, as células neurais artificiais (sensor, effector e internal) compõem a ANG. Além disso, cada célula neural artificial tem um estado específico e pode estabelecer relações com muitas outras células. A sinapse entre os neurônios artificiais na mesma ANG é gerenciada pela própria ANG. Entretanto, as sinapses entre diferentes ANG são gerenciadas por mapas locais ou globais. Sinapses entre neurônios artificiais dentro da mesma ANG ou com diferentes ANGs são reentrantes, então resultam em um comportamento não linear e auto organizado.

Todo grupo neural do sistema nervoso está mudando seu estado continuamente. Para se manter adequado com a inspiração biológica, toda a ANG deverá então estar mudando seus estados continuamente.

A figura abaixo exhibe um esboço da arquitetura de software para a criação do CSSA.

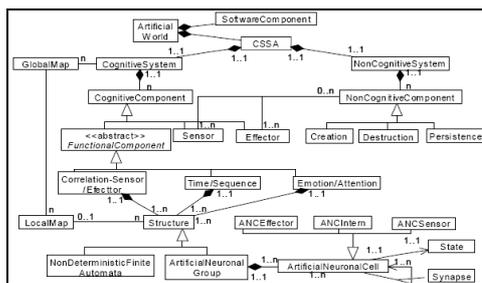


Figura 2 – esboço da arquitetura de Software para a criação do CSSA

Conclusão

Através do estudo feito neste trabalho, foi

possível constatar que o neuro darwinismo foi aplicado em diversos trabalhos no decorrer dos anos, sendo que alguns deles foram apresentados neste artigo.

Como foi possível verificar nos modelos e projetos descritos neste trabalho, o neuro darwinismo proporciona comportamento seletivo em criaturas artificiais, possibilitando, através desse comportamento seletivo, um crescimento através de experimentação e seleção baseada na experiência vivida.

Referências Bibliográficas

[1] J. L. Krichmar e G. M. Edelman, “Brain-Based Devices: Intelligent Systems Based on Principles of Nervous System,” apresentado na Conferência sobre Robôs e Sistemas Inteligentes., 2003.

[2] B. A. Santos e H. E. Borges, “Biologically Inspired Architecture for Creating Cognitive Situated Software Agents,”. Belo Horizonte: CEFET-MG, 2004.

[3] M. Schlesinger, “Envolving agents as a metaphor for the developing child,” *Developmental Science*, pp. 158-164., 2004.

[4] L. B. Almeida, B. C. Silva e A. L. C. Bazzan, “Towards a physiological model of emotions: first steps,”. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

[5] J. Bala, K. DeJong, J. Huang, H. Vafaie e H. Wechsler, “Visual Routine for Eye Detection Using Hybrid Genetic Architectures,” apresentado na Conferência Internacional de Reconhecimento de Padrões., 1996.

[6] “Neural Darwinism”, NPQ, 2004. http://www.digitalnpq.org/archive/2004_summer/edelman.html

[7] W. H. Calvin, revisão do livro de G. M. Edelman, “Neural Darwinism. The Theory of Neuronal Group Selection”. Basic Books, New York. 1987. <http://www.williamcalvin.com/1980s/1988Science.htm>