

Tópicos Especiais I - Jogos

IA para Jogos



Game AI
03

Fernando Osório

14/10/2003

IA para Jogos – Aula 03



Tópicos abordados...

- Aprendizado de máquinas em Jogos
“Machine Learning for Games”
 - Raciocínio baseado em Casos (RBC / CBR)
 - Redes Neurais Artificiais (RNA / ANN)
 - Redes Neurais: Reativo ao Híbrido (RNA-FSA)
 - Modelos Neurais: Cinemática, Dinâmica
 - Árvores de Decisão (AD / IDT)
 - Perfil de Usuários
 - Aprendizado por Reforço (RL)

**Bibliografia
em M.L.**

Machine Learning. Tom Mitchell, 1998.
Sistemas Inteligentes. Solange Rezende, 2003.
Redes Neurais. Simon Haykin, 2001.
C4.5: Programs for machine learning. Ross Quinlan, 1993
Raciocínio Baseado em Casos. Von Wangenheim, 2003.

ML4Games



Machine Learning / Aprendizado de Máquinas...

➤ Conceitos básicos

- Aprendizado = Adaptação do Comportamento
 - Melhorar a Performance
 - Evitar de Repetir os Erros
 - Interação com o Meio, Experimentação, Descoberta
 - Uso da Experiência, Memória do Passado
 - Generalização – Criar Regras Gerais



ML4Games



Machine Learning / Aprendizado de Máquinas...

➤ Conceitos básicos

- Aprendizado = Adaptação do Comportamento
 - Melhorar a Performance
 - Evitar de Repetir os Erros
 - Interação com o Meio, Experimentação, Descoberta
 - Uso da Experiência, Memória do Passado
 - Generalização – Criar Regras Gerais



Jogos:

- Aprendizado de Comportamentos
- Estratégias
- Ação
- Reação
- Inteligência!

*Agentes
Inteligentes*

Machine Learning / Aprendizado de Máquinas...

➤ Conceitos básicos

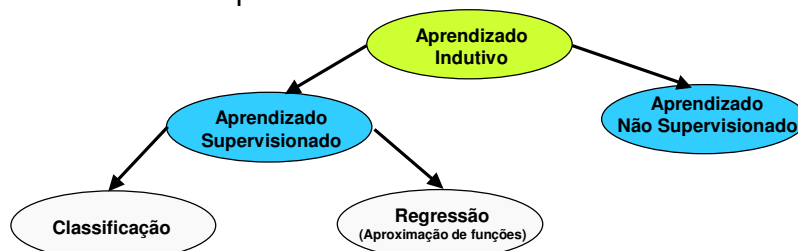
- **Aprendizado = Adaptação do Comportamento**
 - Melhorar a Performance
 - Evitar de Repetir os Erros
 - Interação com o Meio, Experimentação, Descoberta
 - Uso da Experiência, Memória do Passado
 - Generalização – Criar Regras Gerais
- **Conceitos:**
 - Experiência & Memória (casos passados)
 - Otimização & Adaptação (medida de performance)
 - Interação (passivo, ativo)
 - Geração de Conhecimentos Novos (regras, generalização)

Machine Learning / Aprendizado de Máquinas...

➤ Conceitos básicos

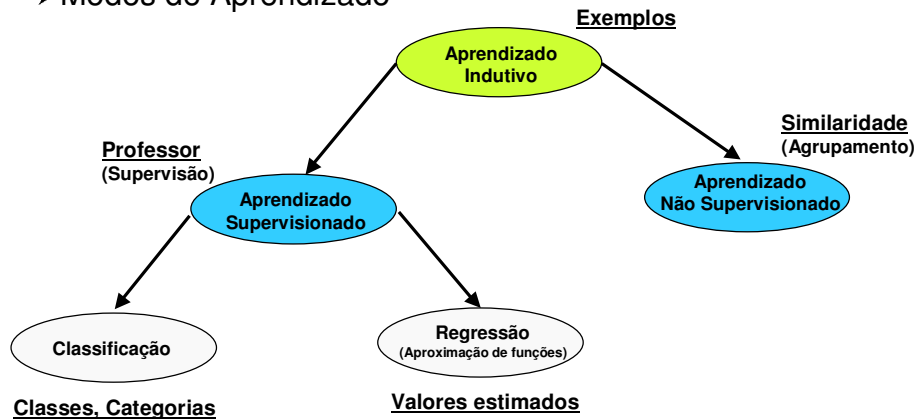
- **Aprendizado:**
 - Adaptação do Comportamento
 - Melhorar a Performance
 - Evitar de Repetir os Erros
 - Interação com o Meio, Experimentação, Descoberta
 - Uso da Experiência, Memória do Passado
 - Generalização – Criar Regras Gerais
- **Conceitos:**
 - Experiência & Memória (casos passados)
 - Otimização & Adaptação (medida de performance)
 - Interação (passivo, ativo)
 - Geração de Conhecimentos Novos (regras, generalização)

➤ Modos de Aprendizado



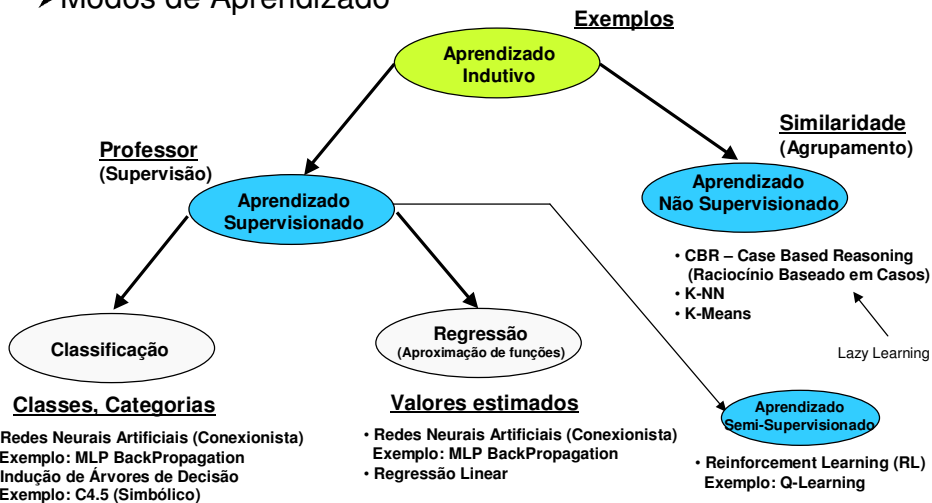
Machine Learning / Aprendizado de Máquinas...

➤ Modos de Aprendizado



Machine Learning / Aprendizado de Máquinas...

➤ Modos de Aprendizado

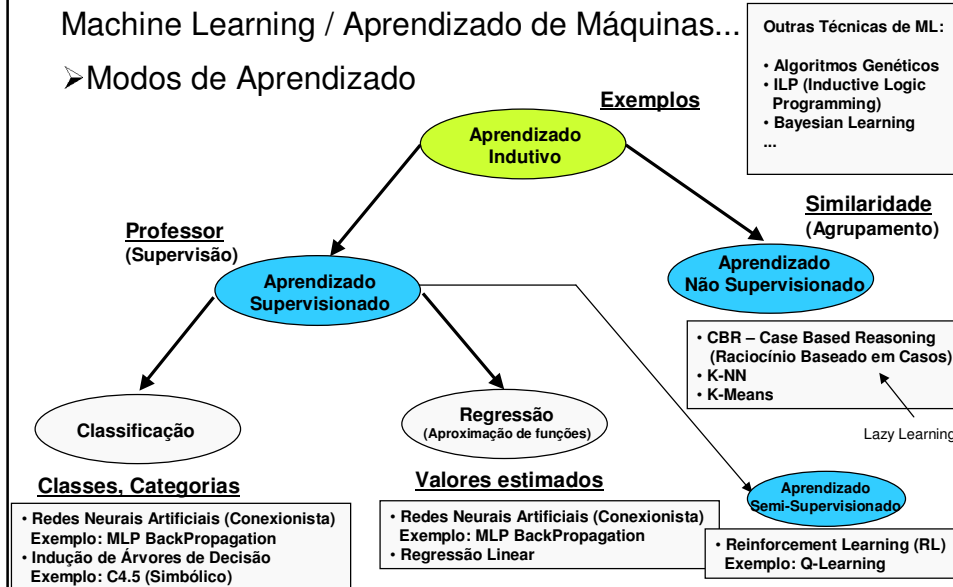


ML4Games



Machine Learning / Aprendizado de Máquinas...

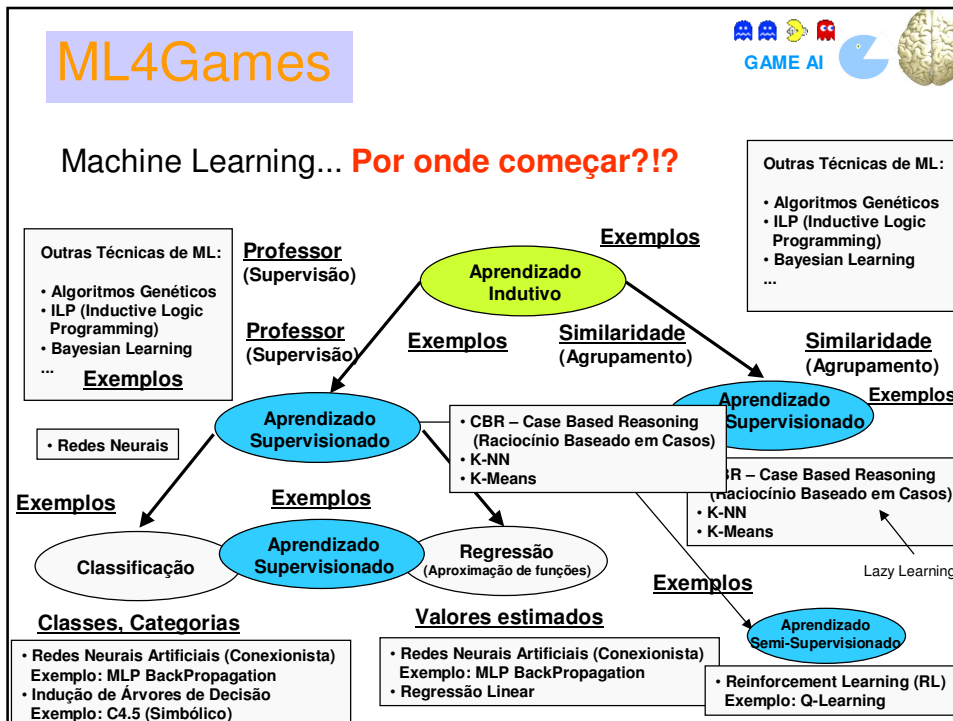
➤ Modos de Aprendizado



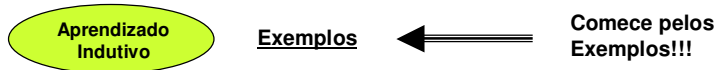
ML4Games



Machine Learning... Por onde começar?!?

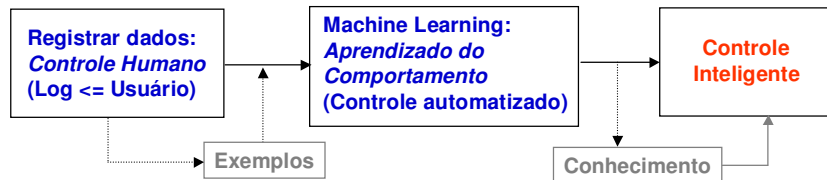


Machine Learning... Por onde começar?

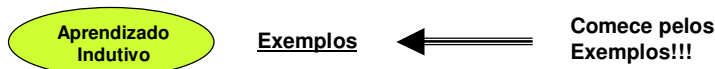


No aprendizado indutivo, seja ele não supervisionado ou supervisionado, voltado para classificação, regressão ou apenas agrupamento de dados, neste tipo de aprendizado é necessário um **conjunto de exemplos** que servirá para introduzir (induzir) o conhecimento a ser aprendido.

Esquema simples de Aprendizado Indutivo...



Machine Learning... Por onde começar?

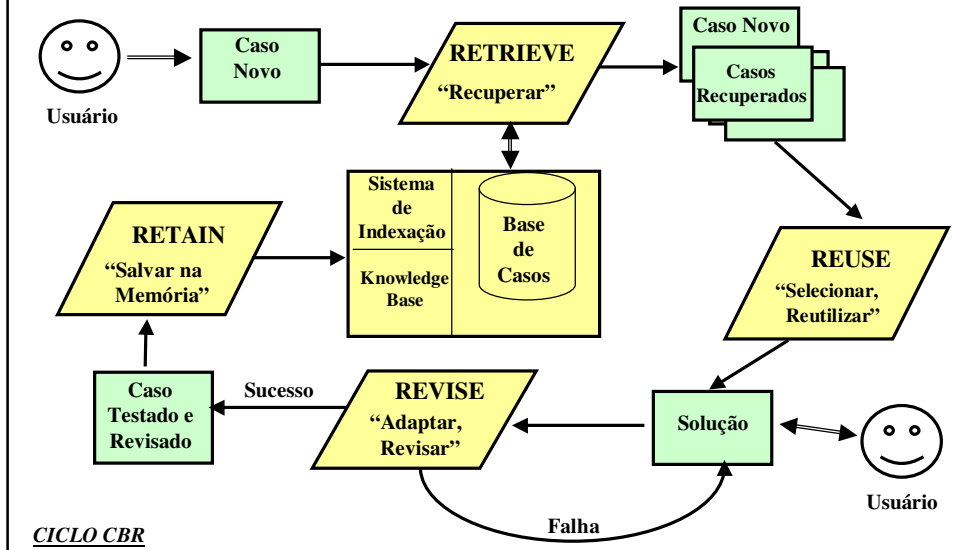


No aprendizado indutivo, seja ele não supervisionado ou supervisionado, voltado para classificação, regressão ou apenas agrupamento de dados, neste tipo de aprendizado é necessário um **conjunto de exemplos** que servirá para introduzir (induzir) o conhecimento a ser aprendido.

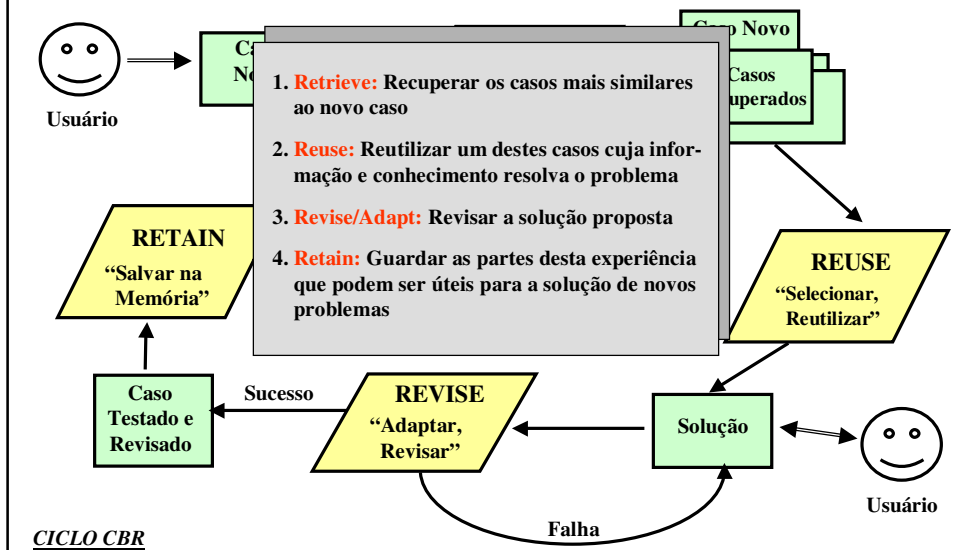
O exemplo mais básico de aprendizado indutivo é o presente nos **Sistemas CBR (Case-Based Reasoning)**

- > O que não implica que sua implementação não possa vir a ser complexa
- > e seus resultados interessantes

CBR – Case Based Reasoning



CBR – Case Based Reasoning



CBR – Case Based Reasoning

CBR em Jogos... do Xadrez ao Half Life!

- O computador Deep Blue possuía arquivadas partidas e jogadas importantes de jogos anteriores (“knowledge base of games played by grandmasters”);
 - Existem citações sobre o uso de CBR em Jogos como...
 - **Space Invaders: Case-Based Plan Recognition in Computer Games.** Michael Fagan & Pádraig Cunningham. *Lecture Notes in Computer Science (LNCS): Springer-Verlag.* Vol. 2689 / 2003. Jan. 2003.
 - **Half Life** (<http://www.cs.tcd.ie/Padraig.Cunningham/nds101/>) (?)
 - **SimCity: Real-Time Case-Based Reasoning in a Complex World.** Fasciano, Mark J.; TR-96-05. CS Dept., Univ. of Chicago, Feb. 1996.
 - **BATTLE [Goo89], COACH[Col87]** apud Wangenheim 2003 (RBC).
- inclusive sendo usado para acelerar simulações...
- Using Case-Based Reasoning to Overcome High Computing Cost Interactive Simulations. Javier Vázquez-Salceda, Miquel Sánchez-Marrè, Ulises Cortés LNCS: Springer-Verlag Heidelberg. Vol. 2689 / 2003. Jan. 2003.

CBR – Case Based Reasoning

CBR em Jogos... Exemplo (para discussão)



Estratégias:
Memória de
Casos...

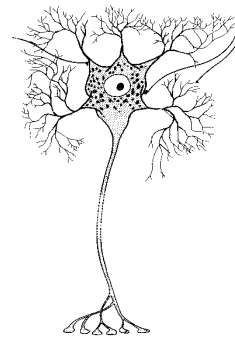
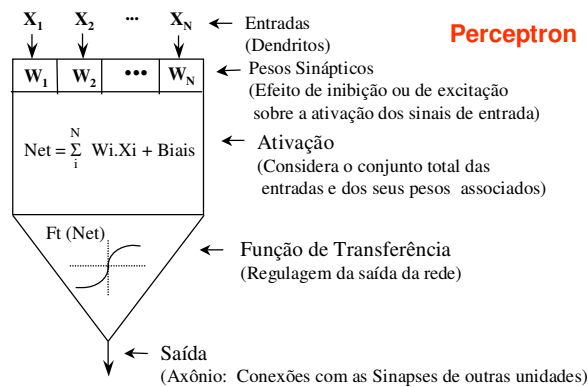
Possibilidades



ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ Aprendizado Supervisionado

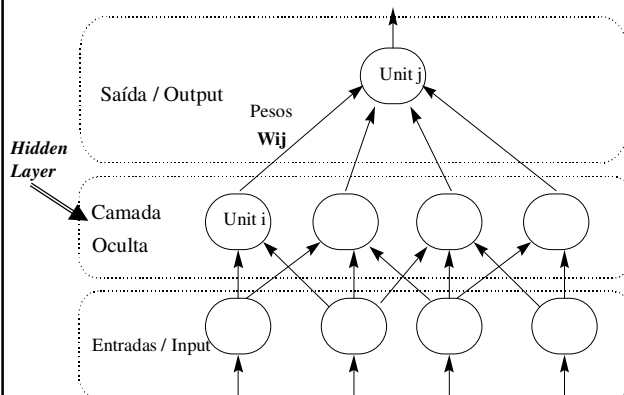
- MLP – Multi-Layer Perceptron / Algoritmo Back-Propagation



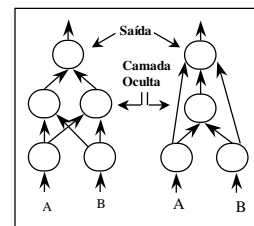
ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ Aprendizado Supervisionado

- MLP – Multi-Layer Perceptron / Algoritmo Back-Propagation



MLP
Perceptron de Múltiplas Camadas



ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ Aprendizado Supervisionado

- MLP – Multi-Layer Perceptron / Algoritmo Back-Propagation

Saída

Entrada

Classificação / Regressão
(não linear)

Saída da Rede: A_i
Saída dos Exemplos: D_i

Erro quadrático:

$$E = \frac{1}{2} \sum_i (D_i - A_i)^2$$

Aprendizado:
Minimizar Erro Quadrático na saída de rede

Exemplos
X,Y: Entradas D_i (Xor)

X	Y	XOR
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Y

X

Saída = $W_1 \cdot X + W_2 \cdot Y + C$
 Se Saída > 0 então Classe 1
 Se Saída <= 0 então Classe 0

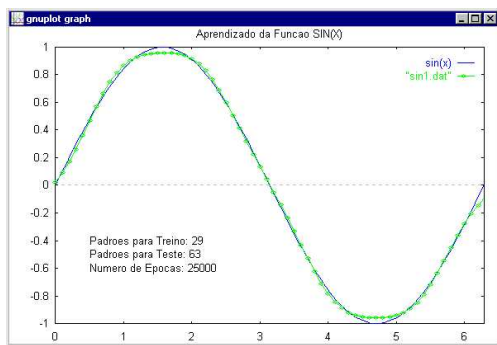
Determinar w_1 e w_2 que satisfaça as restrições...
(várias retas, várias restrições/exemplos)

Aprendizado: Ajuste dos Pesos
Processo Iterativo de Otimização

ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ Aprendizado Supervisionado

- MLP – Multi-Layer Perceptron / Algoritmo Back-Propagation



Regressão:
Aproximando a Função Seno...

Entrada:
 $X = \hat{\text{Ângulo}}$
Saída:
 $F(X) = \text{Sin}(X)$

0.0	0.000000
0.3	0.147760
0.6	0.282321
0.9	0.391663
1.05	0.433712
1.2	0.466020
1.35	0.487862
1.5	0.498747
1.65	0.498433
1.8	0.486924
1.95	0.464480
2.1	0.431605
2.4	0.337732
2.7	0.213690
3.0	0.070560
3.3	-0.078873
3.6	-0.221260
3.9	-0.343883
4.2	-0.435788
4.35	-0.467526
4.5	-0.488765
4.65	-0.499027
4.8	-0.498082
4.95	-0.485952
5.1	-0.462907
5.25	-0.429470
5.4	-0.386382
5.7	-0.275343
6.0	-0.139708

Saída de Rede

Base de Aprendizado

ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ Aprendizado Supervisionado

- Na prática...
 - 1) Criar uma base de dados com exemplos de entradas e saídas
 - 2) Especificar uma topologia de rede neural
 - 3) Definir os parâmetros de aprendizado
 - 4) Simular... Executar o aprendizado até minimizar o erro em um “nível aceitável”, ou, rever base de dados, topologia e parâmetros

Simuladores a considerar...

SNNS <http://www-ra.informatik.uni-tuebingen.de/SNNS/> (Linux)
 JNNS Java SNNS (Windows)

Ferramentas...

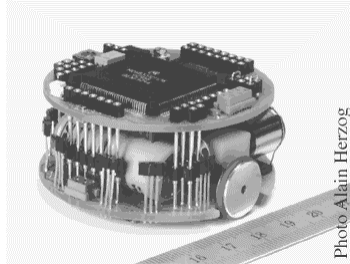
Interface Gráfica (JNNS / Xgui)
 Linguagem de Script (batchman – Linux / Windows-Dos)
 Gerador de Aplicações (snns2c – Linux / Windows-Dos)

The screenshot displays the Java Neural Network Simulator 1.1 interface. The main window shows a neural network diagram with input nodes 'in_1' and 'in_2', a hidden node 'hidden', and an output node 'result'. Weights are shown on the connections. A control panel at the bottom allows setting learning parameters like learning function (Backprop-Momentum), learning rate (η), momentum (μ), and decay (c). An error graph on the right shows the error decreasing over learning cycles. An 'About JavaNNS' dialog box is open, showing credits for the simulator.

ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

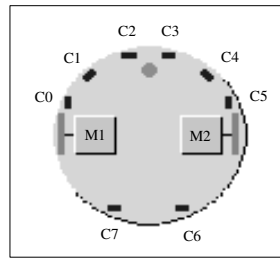
➤ ANN em Jogos...

- Agentes reativos: Robo Khepera



Controle Sensorial-Motor

Aprendizado



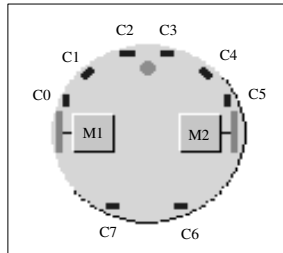
IF $S1 < Limite$ and $S2 < Limite$ and
 $S3 > Limite$ and $S4 > Limite$
 THEN Action(Turn_Left)

IF $S2 > Limite$ and
 $S3 > Limite$ and
 $S2 > S3$ and
 $S1 > S4$
 THEN Action(Turn_Right)

ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ ANN em Jogos...

- Agentes reativos: Robo Khepera



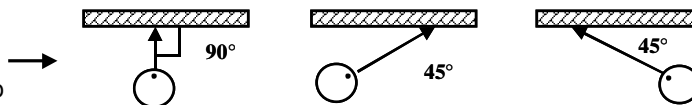
Controle Sensorial-Motor

Sensores: 8 - C0 à C7

Comandos: 3 ações (L=Turn Left, F=Forward, R=Turn Right)

C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	L	F	R
4	1	4	3	6	3	0	4	0	1	0
1	3	3	6	6	6	6	6	0	1	0
6	3	234	104	772	96	3	6	1	0	0
2	6	229	104	724	107	3	4	1	0	0
563	1023	6	57	6	0	3	1	0	0	1
544	1023	3	1	4	0	5	1	0	0	1

Situações de Aprendizado



ML4Games

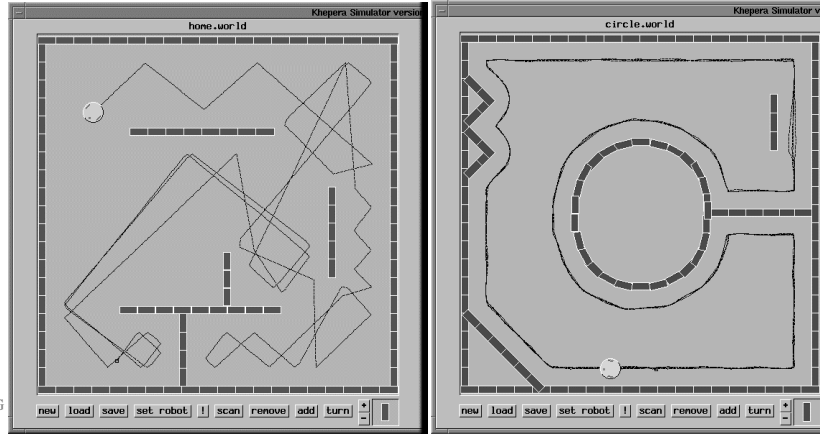


ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ ANN em Jogos...

- Agentes reativos: Resultado do Aprendizado...

- Evitar paredes
- Seguir paredes



Osório
Doutorado INPG
Grenoble, 1998

ML4Games



ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ ANN em Jogos...

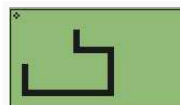
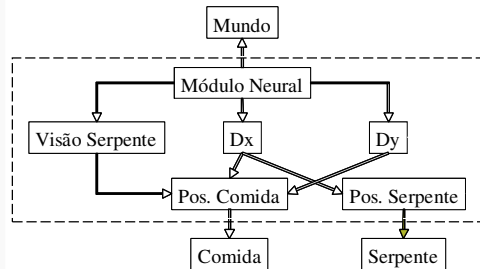
- Agentes reativos: Aprendizado Neural...

Snake + ANNeF

Jogo "Snake Neural": Controle Neural da Cobra



João Bittecourt
TC 2002 / Unisinos



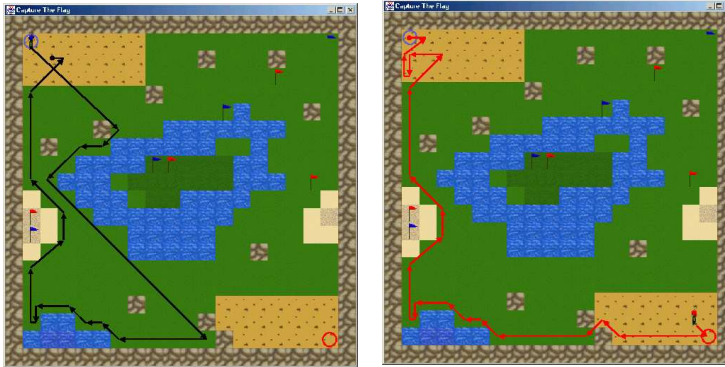
Snake: Celular
Controle Humano

ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ ANN em Jogos...

MAGES / ANNEF

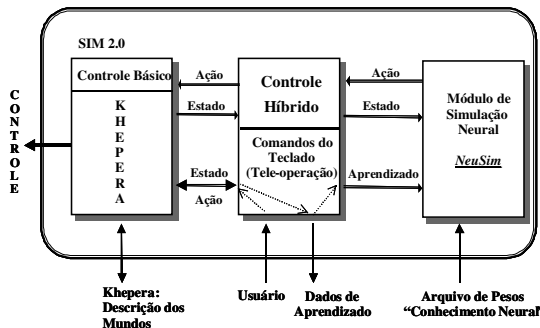
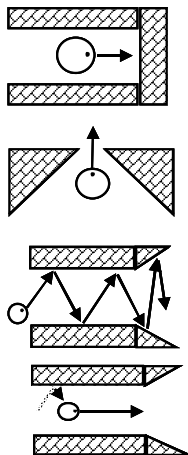
- Agentes reativos: Aprendizado Neural...



Artigo sobre o MAGES e ANNeF: WJOGOS 2002 - Fortaleza
 Criação de Agentes Inteligentes aplicados aos Jogos Eletrônicos usando o Ambiente de Simulação
 João Ricardo Bittencourt e Fernando Osório

ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ ANN em Jogos... Problemas: **Comportamento reativo puro**



Tarefas:
 • Evitar as paredes
 • Seguir as paredes

Problemas:
 * Tempo / Sequência
 * Controle "bem comportado"

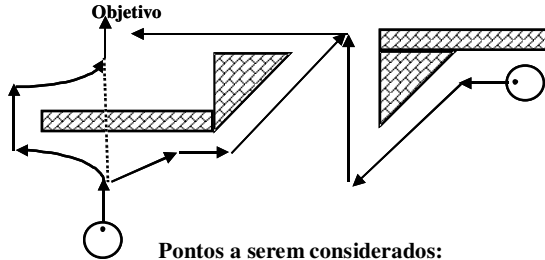
ML4Games



ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ ANN em Jogos... Problemas: **Comportamento reativo puro**

⇒ Seguir uma trajetória e, ao mesmo tempo, evitar os obstáculos



Pontos a serem considerados:

- * “Visão” local - Cego com a bengala (Global x Local)
- * Armadilhas - Solução Local (Mínimos locais)
- * Problema do posicionamento em um mapa global
- * Modularidade: evitar, seguir, passar, ...
- * Conhecimentos de alto nível: estratégias

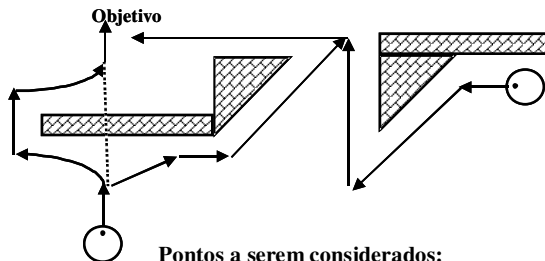
ML4Games



ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ ANN em Jogos... Problemas: **Comportamento reativo puro**

⇒ Seguir uma trajetória e, ao mesmo tempo, evitar os obstáculos



**Solução:
Sistema Híbrido!**

Pontos a serem considerados:

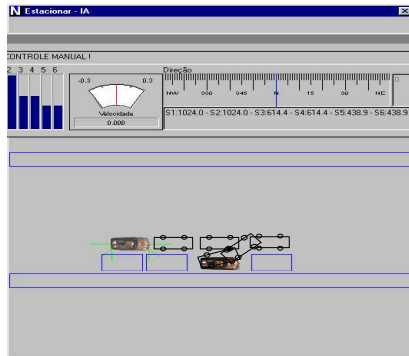
- * “Visão” local - Cego com a bengala (Global x Local)
- * Armadilhas - Solução Local (Mínimos locais)
- * Problema do posicionamento em um mapa global
- * Modularidade: evitar, seguir, passar, ...
- * Conhecimentos de alto nível: estratégias

ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

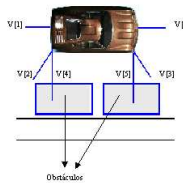
➤ ANN em Jogos... Mais exemplos

Lembrado do SEVA-A?

Pois ele foi re-implementado usando uma Rede Neural → **SEVA-N**



SEVA - Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos (F. Heinen / PIPCA)



Sistema Híbrido:
Autômato Finito
+
Rede Neural
"Reativa"

ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

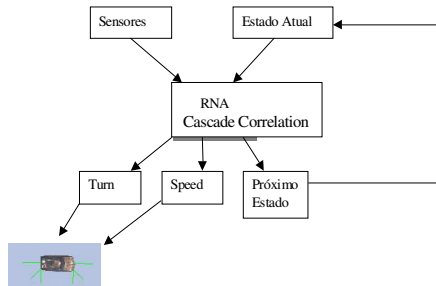
➤ ANN em Jogos... Mais exemplos

SEVA - Simulador de Estacionamento de Veículos Autônomos (F. Heinen / PIPCA)

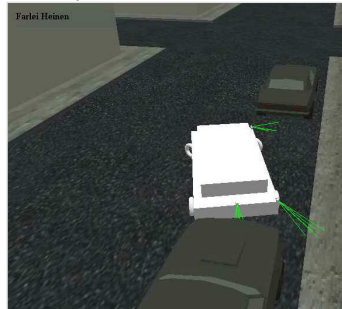


**SEVA-N
FSA Neural**

Artigo descrevendo o SEVA-N:
Controle da Tarefa de Estacionamento de um Veículo Autônomo através do Aprendizado de um Autômato Finito usando uma Rede Neural J-CC
F. Osório, F. Heinen, L. Fortes
SBRN 2002 – Porto de Galinhas



Perspectivas: SEVA-3D



ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ ANN em Jogos... Mais exemplos: **Modelos Comportamentais Neurais**

Modelos Comportamentais e Modelos Físicos...

Opção 1:

Physics for Game Developers. David M. Bourg. O'Reilly, 2002.

Opção 2:

Redes Neurais Artificiais usada para "simplificar e acelerar" a simulação de modelos complexos

- Behaviour Cloning
- Neural Physics Modeling

Referência clássica:

R. Grzeszczuk, D. Terzopoulos, and G. Hinton.
 "Neuroanimator: fast neural network emulation and control of physics-based models."
 In SIGGRAPH: Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp. 9-20. ACM Press, 1998

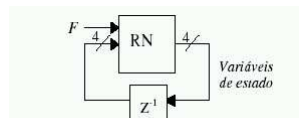
ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

➤ ANN em Jogos... **Modelos Comportamentais Neurais**

Modelos da Dinâmica do Pêndulo Inverso

Referência:

Extração de um Autômato Finito a partir de Redes Neurais **Recorrentes** na Modelagem do Pêndulo Inverso.
 Denise R. P. Simon e Adelmo L. Cechin. IV ENIA – Campinas. 2003



Estrutura da Rede Neural Recorrente usada

4 variáveis de entrada (w, ϕ, v, x) e a variável de controle (F)

4 neurônios de saída representam as variáveis de estado no próximo passo de tempo.

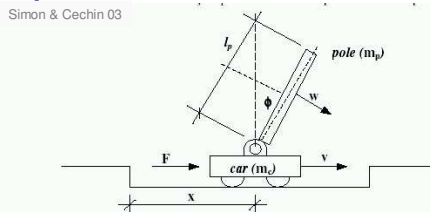


Figura 1. Pêndulo Inverso.

A Figura 1 apresenta a esquematização de um pêndulo inverso com carro. Sendo que seu comportamento dinâmico é descrito matematicamente pelas equações do processo (Barto, Sutton e Anderson 1983), apresentadas a seguir:

$$\dot{w} = \frac{k_1 \sin(\phi) - k_2 w^2 \sin(\phi) \cos(\phi) - F \cos(\phi)}{k_3 - k_2 \cos(\phi) \cos(\phi)}, \quad \dot{\phi} = w$$

$$\ddot{v} = k_3 F + k_2 k_3 w^2 \sin(\phi) - k_2 k_1 \cos(\phi) \sin(\phi) / k_4 k_3 - k_4 k_2 \cos(\phi) \cos(\phi), \quad \dot{x} = v,$$

onde: $k_1 = (m_c + m_p)g$, $k_2 = m_p l_p$, $k_3 = 4 / 3 l_p (m_c + m_p)$, $k_4 = m_c + m_p$, $g = 9.81 m/s^2$ denota a aceleração gravitacional, $m_c = 1.0 [kg]$ e $m_p = 0.1 [kg]$ massa do carro e do pêndulo, respectivamente e $l_p = 0.5 [m]$ metade do comprimento do pêndulo (Barto, Sutton e Anderson 1983). A dinâmica do pêndulo inverso é computada com a constante de tempo $\Delta t = 0.01$.

ML4Games



ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

- ANN em Jogos... **Modelos Comportamentais Neurais**

Modelos Comportamentais...

Em algumas situações não dispomos de um modelo matemático do comportamento do sistema dinâmico em questão.

Nestes casos, podemos observar o sistema e a partir dos dados de observação treinar uma Rede Neural para aproximar o comportamento do sistema real.

- ANN em Jogos... **Outras Aplicações Possíveis**

Reconhecimento de Padrões,
Controle de Processos e Agentes
e aplicações em jogos tradicionais (de tabuleiro).

ML4Games



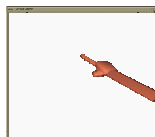
ANN – Artificial Neural Networks (Redes Neurais Artificiais)

- ANN em Jogos... **Outras Aplicações Possíveis**

Reconhecimento de Padrões,
Controle de Processos e Agentes
e aplicações em jogos tradicionais (de tabuleiro).



Processamento de Imagens:
• Augmented Reality



Reconhecimento de Padrões:
• Interface com dispositivos especiais – Data Glove
Reconhecimento de Gestos

ML4Games



Machine Learning / Aprendizado de Máquinas...

- IDT (Indução de Árvores de Decisão)
- Levantamento do Perfil dos Usuários
- Aprendizado por Reforço (RL)

Tendências...

- AI Tools
- AI SDKs
- Team AI
- PLN
- ...

ML4Games



Machine Learning / Aprendizado de Máquinas...

- IDT (Indução de Árvores de Decisão)
- Levantamento do Perfil dos Usuários
- Aprendizado por Reforço (RL)

Tendências...

- AI Tools
- AI SDKs
- Team AI
- PLN
- ...

TO BE CONTINUED... :^)