

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA**

Fabrizio Menezes Krukoski

**IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS DE
DIFERENTES ALGORITMOS NO AMBIENTE 2D
SIMULADO DA ROBOCUP**

Florianópolis

2019

Fabrizio Menezes Krukoski

**IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS DE
DIFERENTES ALGORITMOS NO AMBIENTE 2D
SIMULADO DA ROBOCUP**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Sistemas de Informação para a obtenção do Grau de Bacharel em Sistemas de Informação.
Orientador: Prof. Maicon Rafael Zatteli, Dr.

Florianópolis

2019

Catálogo na fonte elaborada pela biblioteca da
Universidade Federal de Santa Catarina

A ficha catalográfica é confeccionada pela Biblioteca Central.

Tamanho: 7cm x 12 cm

Fonte: Times New Roman 9,5

Maiores informações em:

<http://www.bu.ufsc.br/design/Catalogacao.html>

Fabrizio Menezes Krukoski

**IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS DE
DIFERENTES ALGORITMOS NO AMBIENTE 2D
SIMULADO DA ROBOCUP**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado aprovado para a obtenção do Título de “Bacharel em Sistemas de Informação”, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Sistemas de Informação.

Florianópolis, 19 de fevereiro 2019.

Banca Examinadora:

Prof. Maicon Rafael Zatelli
Presidente

Prof. Maicon Rafael Zatelli, Dr.
Orientador

Ao contínuo estudo e desenvolvimento
das capacidades dos computadores

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha namorada.

Penso, logo sou.

René Descartes

RESUMO

Um dos problemas mais recorrentes na área de inteligência artificial é o de escolher a melhor técnica e/ou algoritmo dependendo do escopo do problema que estamos tentando resolver, questões como incertezas sobre os dados de entrada, tempo de resposta (dependente do hardware escolhido) e aspectos característicos de cada lógica de algoritmo podem fazer com que eles tenham grande diferença na performance, e que nenhum sirva para todos os casos. O futebol de robôs, em especial o proposto pela competição Robocup, apresenta um problema padrão bastante motivador. Possibilita um ambiente que possui uma grande quantidade de informações, que podem se mostrar tanto úteis quanto inúteis para o agente, e, acima de tudo, fornece um ambiente padrão, onde os algoritmos podem ser comparados de maneira justa e que não possibilita grandes atrasos na resposta, pois o servidor requer um tempo de resposta mínimo do agente. Neste trabalho serão implementados no sistema de decisão do código fonte do time Helios, vencedor da RoboCup de 2010, 5 algoritmos diferentes e jogadas diversas partidas contra um adversário em comum, que inicialmente será o ganhador do ano de 2014 da RoboCup, WrightEagle. Isso fornecerá um teste padrão para todos os algoritmos e uma maneira fácil de comparar os resultados, utilizando os resultados da partida (número de gols) marcados pelo agente e seu tempo médio de resposta. A performance de cada um será avaliada em uma amostra de dez partidas.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. RoboCup. Análise de Algoritmos. Aprendizado de Máquina.

ABSTRACT

One of the most recurrent problems in artificial intelligence is choosing the best technique and / or algorithm depending on the scope of the problem we are trying to solve, issues such as uncertainties about the input data, response time (depending on the hardware chosen) and characteristic aspects of each algorithm logic can make them have a big difference in performance, and because of that, none of them works for every case. Robot football, especially the one proposed by the Robocup competition, presents a rather motivating standard problem. It provides an environment that has a large amount of information, which can be both useful and useless for the agent, and, above all, provides a standard environment, where the algorithms can be compared fairly and does not allow long delays in the response time because the server requires a minimum agent response time. In this work, the source code system of the team Helios, winner of RoboCup 2010, will have 5 different algorithms implemented on its decision system and then several matches will be played against a common adversary, who will initially be the winner of the year 2014 RoboCup, WrightEagle. This will provide a fair competition for all algorithms and an easy way to compare results using the match score (number of goals) scored by the agent and their average response time. The performance of each will be evaluated in a sample of ten matches.

Keywords: Artificial Intelligence. RoboCup. Algorithm Analysis. Machine Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Neurônio Artificial(HAYKIN, 2007)	30
Figura 2	Rede <i>feed-forward</i> (BARRETO, 2002)	31
Figura 3	Aprendizado supervisionado (FIORIN et al., 2011)	32
Figura 4	Exemplo de figura com legenda bem grande para ver o problema que pode ocorrer nas indentações. Espero que seja o suficiente.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Exemplo de tabela	33
----------	-------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SI	Sistema Internacional de unidades.....	32
GNU	Gnu is Not Unix.....	34

LISTA DE SÍMBOLOS

x, y	Coordenadas do plano cartesiano	32
T	Tensão	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
1.1 OBJETIVOS	26
1.1.1 Objetivos Específicos	26
1.1.2 Apresentação do trabalho	27
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1 REDES NEURAIS	29
2.1.1 Neurônio Artificial	30
2.1.2 Topologia das redes	30
2.1.2.1 Redes diretas (FeedForward)	31
2.1.3 Aprendizado de máquina supervisionado	31
2.2 CORPO DO TEXTO	32
3 AGRADECIMENTOS	35
4 DIREITOS AUTORAIS	37
REFERÊNCIAS	39
APÊNDICE A – Teste Apêndice	43
ANEXO A – Teste Anexo	47

1 INTRODUÇÃO

A RoboCup é uma competição de robótica e inteligência artificial fundada em 1997, com o principal objetivo sendo : "Por volta do ano de 2050, desenvolver uma equipe de robôs humanóides totalmente autônoma capaz de vencer o atual campeão mundial de futebol humano". A liga de simulação de futebol da RoboCup possui duas modalidades: simulação 2D e 3D. Em ambas, a partida é disputada por 2 times, onde cada equipe é constituída por 11 robôs na categoria 2D e quatro na categoria 3D. Os robôs destas categorias são virtuais ou seja, não apresentam hardware (ROBOCUP, 2018). O ambiente da Robocup fornece um problema padrão para a avaliação de várias teorias, algoritmos e arquiteturas. Utilizando um problema em comum apresenta a vantagem de diferentes ideias poderem ser facilmente comparadas e o progresso medido (BOER; KOK, 2002). Esse trabalho será desenvolvido no ambiente 2D da Robocup, utilizando como base o código-fonte do time Helios, com o objetivo de avaliar o desempenho (número de gols) e comportamento de 5 algoritmos, sendo eles:

- Q Learning (WATKINS; DAYAN, 1992).
- SARSA (RUMMERY; NIRANJAN, 1994).
- Deep Q Network (MNIH et al., 2015).
- Regressão Logística Multiclasse (MICROSOFT, 2018).
- Rede neural multiclasse (MICROSOFT, 2018).

Os algoritmos que serão utilizados estão sujeitos a mudanças caso a sua utilização apresente algum problema que ameace a data de entrega do trabalho. Os algoritmos Regressão Logística Multiclasse e Rede neural multiclasse, devido a sua implementação, necessitam de um conjunto de dados históricos para gerar os pesos de cada par Ação-Estado, esse input será criado utilizando-se do último ganhador da RoboCup, o time WrightEagle, jogando uma série de jogos com o agente do time contra vários times, e anotando as decisões tomadas em cada estado. O conjunto dos dados gerado será utilizado como input para treinamento dos algoritmos da suíte da Microsoft.

É esperado que os algoritmos mais recentes demonstrem um resultado melhor e mais maneiras de resolver a mesma situação, devido ao conhecimento de que algoritmos evolutivos lidam melhor com ambientes com muita informação e desconhecidos (DARWEN, 2000). Enquanto

isso, algoritmos de aprendizagem por reforço como o Q-learning são focados em decisões sequenciais e em atingir objetivos a longo prazo (STONE; SUTTON; KUHLMANN, 2005).

1.1 OBJETIVOS

Implementar e avaliar os resultados de um conjunto de algoritmos de aprendizado de máquina no módulo de ataque de um time no ambiente da RoboCup, julgando suas porcentagens de vitórias, número de gols e o estilo de jogo adotado por cada um.

1.1.1 Objetivos Específicos

1. Revisão sistemática do estado da arte dos algoritmos de aprendizado de máquina utilizados no ambiente competitivo e acadêmico da RoboCup
2. Análise de comportamentos esperados dos algoritmos.
3. Implementar os diferentes algoritmos no agente da RoboCup.
4. Analisar os resultados em número de gols e porcentagem de vitórias de cada um dos algoritmos contra as diversas implementações e contra o campeão atual, assim como seus estilos de jogo e compará-los.
5. Treinar algoritmos pertencentes à suíte da Microsoft, executar partidas contra o time padrão e realizar as comparações dos resultados obtidos com os algoritmos prévios

1.1.2 Apresentação do trabalho

O restante do trabalho será feito na seguinte ordem:

- No capítulo 2 será feita a fundamentação teórica, apresentadas as tecnologias e algoritmos que serão aplicados no Agente da Robocup e também o estado-da-arte da competição.
- No capítulo 3 serão descritos os procedimentos de implementação dos algoritmos.
- No capítulo 4 serão apresentados os resultados das partidas de avaliação
- No capítulo 5 serão apresentados os resultados das partidas de avaliação

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo serão apresentados os algoritmos e técnicas de Inteligência Artificial que serão utilizadas ao longo do trabalho. O foco será em algoritmos de *Machine Learning*, uma área da Inteligência. Esses sistemas de aprendizado são programas de computador que tomam decisões baseando-se nas suas experiências com problemas anteriores (LORENA; GAMA; FACELI, 2000). Podem ser implementados de diversas maneiras, sendo uma dessas diferenças a de algoritmos com treinamento supervisionado e não supervisionado, que serão apresentados a seguir.

2.1 REDES NEURAIS

O estudo de redes neurais artificiais, normalmente chamadas apenas de "redes neurais" foi motivado pelo reconhecimento de que o cérebro humano compreendia, examinava e processava informações de maneira completamente diferente do que um computador digital convencional. O cérebro atua de maneira não linear e paralela, utilizando-se das conexões entre os seus bilhões de neurônios, moldadas através da experiência que recebemos ao longo de nossas vidas, que podem fortalecer ou enfraquecer ligações entre eles. De base desse conhecimento, as redes neurais artificiais foram desenvolvidas seguindo uma "arquitetura" parecida com a natural, baseando-se em células computacionais simples equivalentes aos neurônios, conectadas entre si, com a capacidade de moldar a intensidade dessas ligações a partir de experiências prévias. Por isso, redes neurais são capazes de adquirir conhecimento de forma automática, sem a necessidade de uma explicação explícita proveniente de um ser humano. Devido a esse potencial, sistemas com módulos de redes neurais tem sido amplamente utilizados para criações de modelos e previsões em várias áreas de aplicação (HAYKIN, 2007).

2.1.1 Neurônio Artificial

Um neurônio é uma unidade de processamento de informação crucial para a operação de uma rede neural, seguindo o modelo:

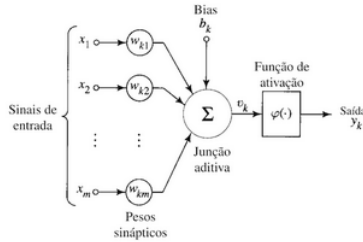


Figura 1 – Neurônio Artificial(HAYKIN, 2007)

de podem ser identificados os três elementos básicos:

1. Um conjunto de *sinapses*, cada uma com um peso associado. Todo sinal recebido pela sinapse será multiplicado pelo valor desse peso sináptico
2. Um somador, que soma os sinais de entrada fornecidos pelas sinapses de entrada do neurônio.
3. Uma função de ativação para restringir a amplitude do sinal de saída do neurônio, normalmente tem o intervalo normalizado como $[0,1]$ ou $[1,-1]$

2.1.2 Topologia das redes

RNAs podem ter sua topologia de várias maneiras diferentes, para facilitar o entendimento por humanos as representações desses modelos muitas vezes são baseadas em grafos, representando os neurônios, sinapses e o fluxo de informação na rede.

As principais topologias serão discutidas a seguir.

2.1.2.1 Redes diretas (FeedForward)

Também chamadas de Redes Diretas, são redes baseadas em camadas, onde o grafo não apresenta nenhum ciclo. Neurônios que recebem sinais de excitação provindo do ambiente são chamados de *camada de entrada*, neurônios responsáveis pela saída da rede pertencem a *camada de saída* e os que não pertencem a nenhuma das duas camadas são denominados de neurônios internos e podem se organizar em uma ou mais camadas.

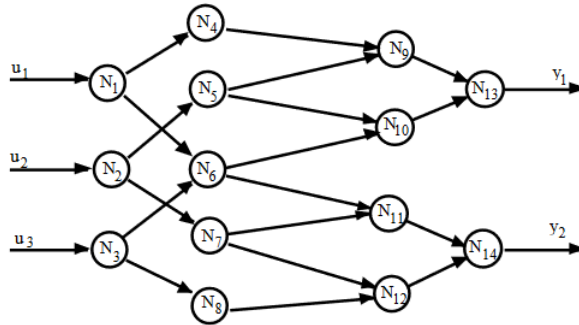


Figura 2 – Rede *feed-forward* (BARRETO, 2002)

Esse aprendizado é o mais popularmente utilizado devido a sua simplicidade e facilidade de uso, contendo muitos métodos de aprendizado bastante difundidos, como o *backpropagation* que, apesar da sua facilidade de uso, é altamente ineficiente.

Essas redes são capaz de aproximar qualquer função não linear, porém, apresentam dinâmica limitada e não podem representar todos os problemas dinâmicos (BARRETO, 2002).

2.1.3 Aprendizado de máquina supervisionado

Nesse tipo de aprendizado é fornecido para o agente uma massa de dados previamente classificados por um agente supervisor, normalmente humano com os resultados esperados para cada um deles, Essa entrada pode ser visualizada como uma tupla contendo dois valores ,a entrada e a saída esperada.

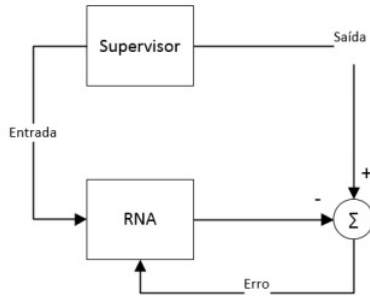


Figura 3 – Aprendizado supervisionado (FIORIN et al., 2011)

Esse aprendizado pode ser classificado em treinamentos dinâmicos e estáticos, sendo que no dinâmico, o número de camadas, número de nodos e de conexões podem receber mudanças e no estático, apenas os pesos podem sofrer alterações.

2.2 CORPO DO TEXTO

O corpo do texto é justificado e com espaçamento simples. A primeira linha de cada parágrafo tem recuo de 0,6 cm contado a partir da margem esquerda.

As equações matemáticas são alinhadas à esquerda com recuo de 0,6 cm. Elas são referidas por Eq. (1) no meio da frase, ou por Equação (1) quando usada no início de uma sentença. Os números das equações são numerais arábicos colocados entre parênteses, e alinhados à direita, como mostrado na Eq. (1).

Os símbolos usados nas equações devem ser definidos imediatamente antes ou depois de sua primeira ocorrência no texto do trabalho.

O tamanho da fonte usado nas equações deve ser compatível com o utilizado no texto. Todos os símbolos devem ter suas unidades expressas no sistema S.I. (métrico).

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \quad (2.1)$$

As tabelas devem ser centralizadas. Elas são referidas por Tab.

(1) no meio da frase, ou por Tabela (1) quando usada no início de uma sentença. Sua legenda é centralizada e localizada imediatamente acima da tabela. Anotações e valores numéricos nela incluídos devem ter tamanhos compatíveis com o da fonte usado no texto do trabalho, e todas as unidades devem ser expressas no sistema S.I. (métrico). As unidades são incluídas apenas na primeira linha ou primeira coluna de cada tabela, conforme for apropriado. As tabelas devem ser colocadas tão perto quanto possível de sua primeira citação no texto. Deixe uma linha simples em branco entre a tabela, seu título e o texto.

O estilo de borda da tabela é livre. As legendas das Figuras e das Tabelas não devem exceder 3 linhas.

Tabela 1 – Exemplo de tabela

Propriedades do compósito	CFRC-TWILL	CFRC-4HS
Resistência à Flexão (MPa)	209± 10	180 ± 15
Módulo de Flexão (GPa)	57.0 ± 2.8	18.0 ± 1.3

As figuras são centralizadas. Elas são referenciadas por Fig. (1) no meio da frase ou por Figura (1) quando usada no início de uma sentença. Sua legenda é centralizada e localizada imediatamente abaixo da figura. As anotações e numerações devem ter tamanhos compatíveis com o da fonte usada no texto, e todas as unidades devem ser expressas no sistema S.I. (métrico). As figuras devem ser colocadas o mais próximo possível de sua primeira citação no texto. Deixe uma linha em branco entre as figuras e o texto.



Figura 4 – Exemplo de figura com legenda bem grande para ver o problema que pode ocorrer nas indentações. Espero que seja o suficiente.

Figuras coloridas e fotografias de alta qualidade podem ser incluídas no trabalho. Para reduzir o tamanho do arquivo e preservar a resolução gráfica, converta os arquivos das imagens para o formato GIFF (para figuras com até 16 cores) ou para o formato JPEG (alta

densidade de cores), antes de inseri-los no trabalho. A citação das referências no corpo do texto pode ser feita nos formatos: ??), mostra que o corpo..., ou: Vários trabalhos (??NADA, a; ??) mostram que a rigidez da viga.

Referências aceitas incluem: artigos de periódicos (??), dissertações, teses (??), artigos publicados em anais de congressos, livros, comunicações privadas, publicações na web (????) e artigos submetidos e aceitos (identificar a fonte)(??).

A lista de referências é uma nova seção denominada Referências, localizada no fim do artigo.

A primeira linha de cada referência é alinhada à esquerda; todas as outras linhas têm recuo de 0,6 cm da margem esquerda. Todas as referências incluídas na lista devem aparecer como citações no texto do trabalho.

As referências devem ser postas < > em ordem alfabética, usando o último nome do primeiro autor, seguida do ano da publicação. Exemplo da lista de referências é apresentado abaixo (??).

3 AGRADECIMENTOS

Esta seção, se houver, deve ser colocada antes da lista de referências.

4 DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

REFERÊNCIAS

[S.l.].

BARRETO, J. M. Introdução as redes neurais artificiais. *V Escola Regional de Informática. Sociedade Brasileira de Computação, Regional Sul, Santa Maria, Florianópolis, Maringá*, p. 5–10, 2002.

BOER, R. de; KOK, J. *The Incremental Development of a Synthetic Multi-Agent System: The UvA Trilearn 2001 Robotic Soccer Simulation Team*. Tese (Doutorado) — University of Amsterdam, The Netherlands, 2002.

DARWEN, P. J. Computationally intensive and noisy tasks: Co-evolutionary learning and temporal difference learning on backgammon. In: IEEE. *Evolutionary Computation, 2000. Proceedings of the 2000 Congress on*. [S.l.], 2000. v. 2, p. 872–879.

FIORIN, D. V. et al. Aplicações de redes neurais e previsões de disponibilidade de recursos energéticos solares. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 1309, 2011.

HAYKIN, S. *Redes neurais: princípios e prática*. [S.l.]: Bookman Editora, 2007.

LORENA, A. C.; GAMA, J.; FACELI, K. *Inteligência Artificial: Uma abordagem de aprendizado de máquina*. [S.l.]: Grupo Gen-LTC, 2000.

MICROSOFT. *How to choose algorithms for Microsoft Azure Machine Learning*. 2018. <<https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/studio/algorithm-choice>>. Acessado em 15/08/2018.

MNIH, V. et al. Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, Nature Publishing Group, v. 518, n. 7540, p. 529, 2015.

ROBOCUP. *RoboCup Leagues - Simulation*. 2018. <<http://www.robocup.org/leagues/23>>. Acessado em 15/08/2018.

RUMMERY, G. A.; NIRANJAN, M. *On-line Q-learning using connectionist systems*. [S.l.]: University of Cambridge, Department of Engineering Cambridge, England, 1994.

STONE, P.; SUTTON, R. S.; KUHLMANN, G. Reinforcement learning for robocup soccer keepaway. *Adaptive Behavior*, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 13, n. 3, p. 165–188, 2005.

WATKINS, C. J.; DAYAN, P. Q-learning. *Machine learning*, Springer, v. 8, n. 3-4, p. 279–292, 1992.

APÊNDICE A – Teste Apêndice

A.1 TESTE APENDICE SEÇÃO - COMO AS COISAS PODEM DESANDAR QUANDO NÃO OLHAMOS DIREITO PARA OS DETALHES

teste
blablabla

ANEXO A – Teste Anexo

conteúdo do anexo