

Simulação de um braço robótico com Redes Neurais Artificiais para solução da cinemática inversa

Simulation a robotic manipulator using Artificial Neural Networks for inverse kinematics solution

RESUMO

Paulo Henrique Arizono Lima
paulo_pf.lima@hotmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil.

Marcio Mendonça
mendonca@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, Paraná, Brasil

Este trabalho visa realizar a simulação do funcionamento de um protótipo de braço robótico. Inicialmente utilizando o método Denavit-Hartenberg (DH) é possível solucionar o problema da cinemática direta do manipulador, após essa etapa um dos métodos para controle autônomo foi aplicado, a chamada visão computacional, que tem como função neste trabalho localizar a posição dos pontos que serão utilizados para o treinamento de uma Rede Neural Artificial (RNA), essa que resolverá o problema da cinemática inversa para pontos desconhecidos, mas que pertençam a nuvem de pontos do manipulador robótico analisado. Ao final do projeto tanto o método DH e a RNA conseguiram se sair com êxito, pois possuíram uma solução precisa e eficiente para o problema de cinemática inversa e direta.

PALAVRAS-CHAVE: Rede Neural Artificial, Denavit-Hartenberg, Braço Robótico.

ABSTRACT

utRecebido: 19 ago. 2019.

Aprovado: 01 out. 2019.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



This work aims to simulate the operation of a robotic arm prototype. Initially using the Denavit-Hartenberg (DH) method it is possible to solve the problem of direct manipulator kinematics, after this step one of the methods for autonomous control was applied, the computational vision, whose function in this work is to locate the position of the points that will be used for the training of an Artificial Neural Network (RNA) that will solve the inverse kinematics problem for unknown points, but that belong to the point cloud of the analyzed robotic manipulator. At the end of the project both the DH and RNA method succeeded because they had a precise and efficient solution to the inverse and direct kinematics problem.

KEYWORDS: Artificial Neural Network. Denavit-Hartenberg, Robot Arm.

INTRODUÇÃO

A utilização de manipuladores robóticos na indústria começou ascender na década de 1940, com a Terceira revolução industrial, o que gerou um processo de produção mais veloz, com alta taxa de produtividade e se tornou um processo mais econômico. Conforme os manipuladores começaram a ser controlados por computadores digitais, o uso da linguagem de programação textual tornou-se um método necessário (GROOVER, 2011).

Quando se trata de robótica industrial, o mercado sempre visa o melhor desempenho, devido a essa demanda, começaram a fabricar diversos modelos de manipuladores robóticos, onde os mesmos são compostos de articulados que unidos por atuadores podendo possuir várias funções, e são monitorados e controlados por um sistema. O principal objetivo deste trabalho é a solução da cinemática de um braço robótico em duas dimensões. Os manipuladores robóticos são mecanismos programáveis muito úteis em diversos processos de fabricação, trazem inúmeras vantagens, como a diminuição do tempo, segurança do trabalhador, eficiência e precisão na execução de tarefas.

Uma das problemáticas dos manipuladores robóticos, mais especificamente dos braços robóticos, são os dados de deslocamentos dos braços e os parâmetros das juntas, esses dados são necessários para determinar a posição final do manipulador, este problema é denominado de cinemática direta. Outro problema comumente descrito é a cinemática inversa, que se trata de encontrar parâmetros das juntas para uma determinada posição e orientação do efetor, ou seja, quais os ângulos necessários para que o manipulador atinja a posição final desejada (GUEZ e AHMAD, 1988).

MÉTODOS

Os manipuladores robóticos se tornam cada vez mais presentes, devido as inúmeras aplicações que os mesmos podem ser inseridos, sua eficiência e precisão os tornam viáveis e recomendados em diversos projetos. Os manipuladores robóticos possuem divergentes aplicações, com isso, diferentes anatomias são aplicadas a fim de desenvolver sua função com maior eficiência.

A articulação de um manipulador robótico se inspira no movimento que o braço humano realiza, de forma tentar imitar o comportamento do mesmo, desse modo cada articulação é semelhante aos elos ligados uns aos outros. (GROOVER, 2011).

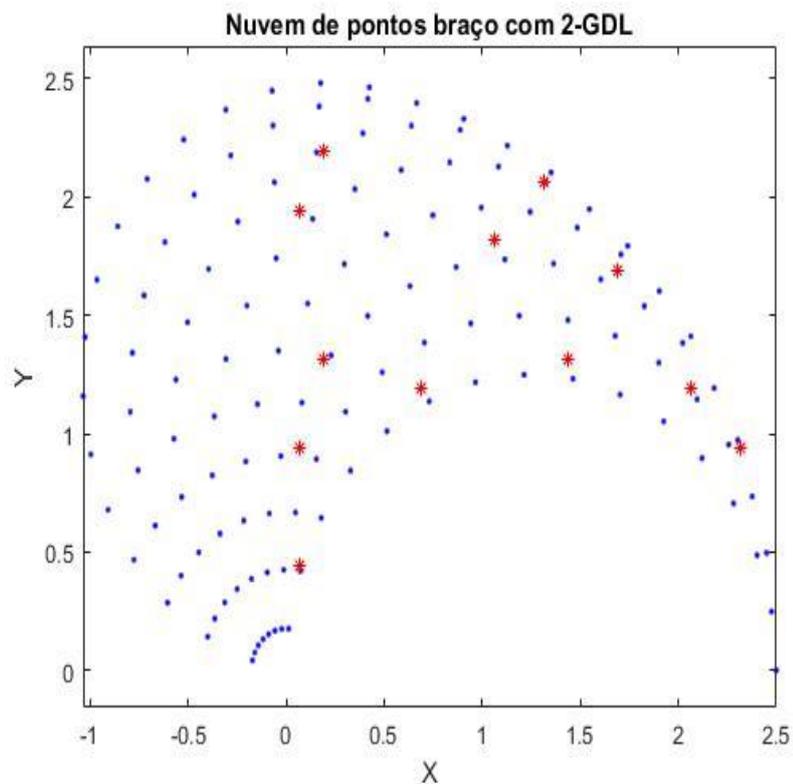
DESENVOLVIMENTO DO MODELO CINEMÁTICO

Optou-se por escolher o modelo em duas dimensões e com apenas dois graus de liberdade devido ao estágio inicial do protótipo, para resolver o problema da cinemática direta do braço o método utilizado foi DH, dessa forma possibilitou-se descrever a nuvem de pontos, que caracteriza a área de alcance do manipulador

A Figura 1 mostra a nuvem de pontos simulada que caracteriza a área de atuação do braço robótico, os asteriscos em vermelha representam 12 pontos no espaço, eles foram determinados através de visão computacional e serão utilizados futuramente para a validação do modelo RNA. O modelo utilizado foi semelhante ao modelo geométrico 2D empregado pela Mathworks, pode ser visto na Eq. (1)

$$\begin{aligned}
 x &= L_1 \cos(\theta_1) + L_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \\
 y &= L_1 \sin(\theta_1) + L_2 \sin(\theta_1 + \theta_2)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

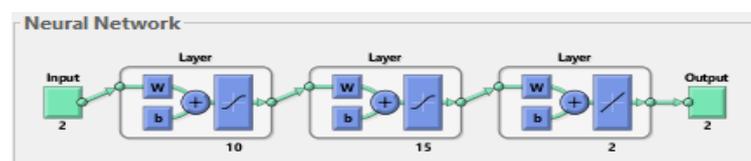
Figura 1. Nuvem de pontos



Fonte: Autoria própria

Após essa etapa, implementou-se uma RNA do tipo Perceptron Multicamadas, descrita na Figura 2, com uma camada escondida e o algoritmo de treinamento utilizado Levenberg-Marquardt (*trainlm*), dessa forma seguiu-se treinando os pontos da nuvem e os respectivos ângulos que levaram a obtenção dos pontos. Em seguida, solicita que a RNA indique os ângulos necessários para atingir os pontos de teste desejados e utilizando o modelo DH é definido o ponto que será atingido caso os ângulos sejam aplicados ao manipulador robótico. E assim, realizou-se uma comparação entre o ponto atingido pela rede e o ponto inicialmente desejado, e foi estipulado o erro nas coordenadas x e y.

Figura 2. Rede Neural Artificial

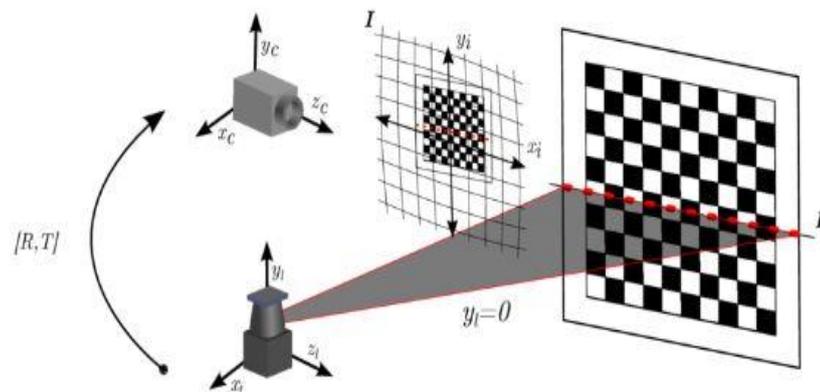


Fonte: Autoria própria.

CALIBRAÇÃO DA CÂMERA

Através da ferramenta Matlab® é possível criar um plano digital semelhante a um tabuleiro de xadrez, utilizando o comando *checkerboard*, essa metodologia pode ser usualmente aplicada para a calibração de câmeras. Esse plano digital é usado para simular uma imagem obtida através de uma câmera posicionada acima do tabuleiro, Figura 3.

Figura 3. Calibração da câmera

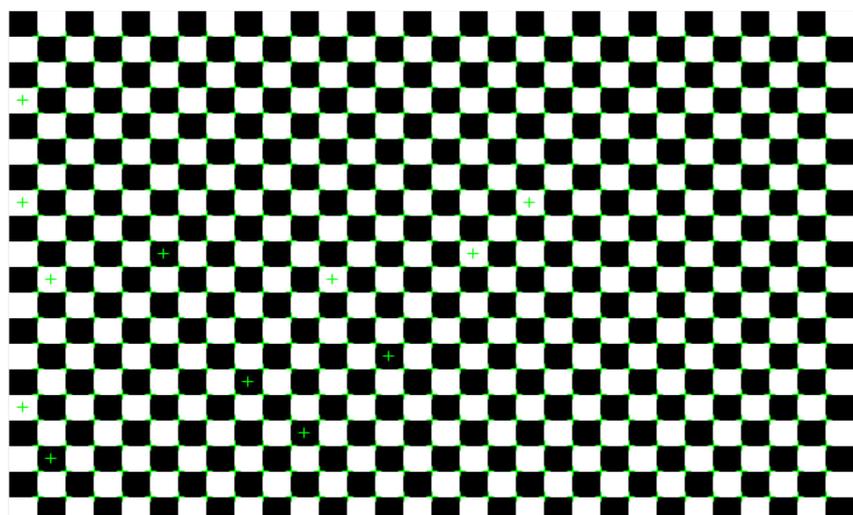


Fonte: FOTIADIS (2003).

Em seguida, os vértices do tabuleiro foram medidos para o treinamento da rede neural, e foram colocados objetos para servirem como teste da eficiência e precisão da RNA, utilizando o algoritmo de detecção de Harris, foi possível localizar as coordenadas da câmera encontradas no plano digital.

Após essa etapa, pode-se observar o plano digital com as dimensões x e y, e os objetos são indicados no centro dos quadrados, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4. Plano digital



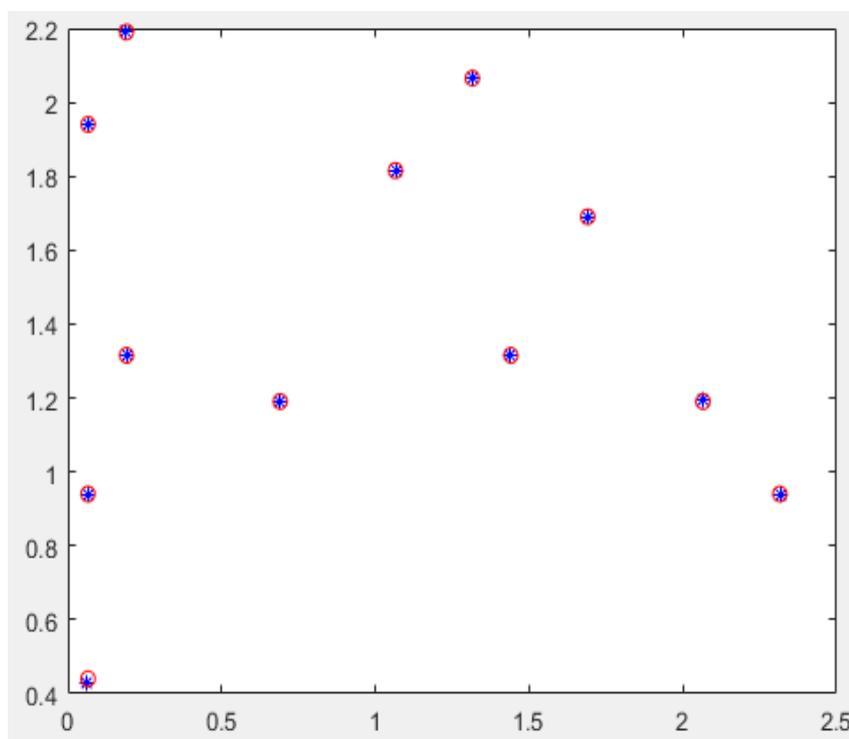
Fonte: Autoria própria.

Observando o plano digital é possível identificar 19 linhas e 29 colunas, que resultam num total de 551 pontos utilizados para o treinamento da RNA. Enquanto 12 objetos que serão usados para o teste e a validação da rede.

RESULTADOS DA CINEMÁTICA DO MANIPULADOR

A Figura 5 ilustra os resultados da rede neural artificial, sendo os círculos vermelhos os pontos buscados pela rede, enquanto os asteriscos azuis representam o resultado obtido pelo RNA.

Figura 5. Resultados da RNA



Fonte: Autoria própria.

Através da Tabela 1 pode-se analisar os resultados, sendo indicado por ela nas duas primeiras colunas a posição desejada no eixo x e y, na terceira e quarta a posição obtida através da RNA e na quinta e sexta coluna tem-se o erro relativo.

Tabela 1 – Exemplo de tabela

Posição Desejada		Posições Obtidas		Erro Relativo	
X	Y	X	Y	X	Y
2,3171	0,9380	2,3153	0,9403	-0,0007	0,0025
1,3147	2,0657	1,3153	2,0653	0,0005	-0,0002
1,4393	1,3163	1,4403	1,3153	0,0007	-0,0007
1,0658	1,8162	1,0653	1,8153	-0,0004	-0,0005

1,6908	1,6902	1,6903	1,6903	-0,0003	0,0001
2,0670	1,1953	2,0653	1,1903	-0,0008	-0,0042
0,6901	1,1907	0,6903	1,1903	0,0004	-0,0003
0,0618	0,4314	0,0653	0,4403	0,054	0,0203
0,0650	0,9403	0,0653	0,9403	0,0047	0,0001
0,1910	1,3155	0,1903	1,3153	-0,0034	-0,0001
0,6610	1,9406	0,0653	1,9403	-0,0122	-0,0002
0,1901	2,1901	0,1903	2,1903	0,0014	0,0001

Fonte: Autoria própria

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtido na fase de validação deste trabalho, pode-se concluir que a Rede Neural Artificial conseguiu solucionar o problema de cinemática inversa com sucesso, demonstrando precisão e eficiência para a manipulação do braço robótico simulado. O modelo Denavit-Hartenberg conseguiu solucionar o problema da cinemática direta, também com um erro relativo pequeno.

Como futuros desafios tem-se o objetivo de utilizar um protótipo físico real, que trabalhará de forma sincronizada com o modelo simulado, o que aumentará a complexidade da programação devido a necessidade de conexão entre o protótipo físico e o simulado.

REFERÊNCIAS

GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. ed. São Paulo, SP: Pearson, 581p, 2011.

DENAVIT, J. **Description and displacement analysis of mechanics based on the 2x2 dual matrices**. 1 Ed., University of Northwestern, Evanston, 1955.

GUEZ, A.; AHMAD, Z. **Solution to the inverse kinematics problem in robotics by neural networks**. IEEE 1988 International Conference on Neural Networks, San Diego, CA, USA, pp. 617-624 vol.2, 1988.

FOTIADIS, E. P.; GARZÓN, M. **Human detection from a mobile robot using fusion laser and vision information**. Centro de Automática y Robótica, Madrid, Spanish, 2013.