

الجزائرية الديمقراطية الشعبية الجمهورية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة العليا للإعلام الآلي - 08 ماي 1945 - بسبدي بلعباس
Ecole Supérieure en Informatique
-08 Mai 1945- Sidi Bel Abbès



Mémoire de Fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

Filière : Informatique

Spécialité : Ingénierie des Systèmes Informatiques (ISI)

Thème

Machine Learning for Solving Inverse Kinematics of a 5-DOF Robotic
Arm

Case Study: LeArm by Hiwonder Lewan Soul

Présenté par :

- Mr Remil BELAHOUEL

Soutenu le : **17/09/2023**

Devant le jury composé de :

- | | |
|-------------------------------|--------------|
| - M-Dr ELARBI BOUDHIR Mohamed | Président |
| - M-Dr CHAIB Souleymane | Encadreur |
| - M-Dr. GUELLAB Ammar | Co-encadreur |
| - M-Dr KHALDI Belkacem | Examineur |

Année Universitaire : 2022 / 2023

Abstract

Robotic arms are indispensable tools in various industries, enabling automation and precision in tasks ranging from manufacturing to healthcare. A fundamental challenge in the field of robotics is solving the inverse kinematics problem, which involves determining the joint configurations necessary to achieve a desired end effector position and orientation. This problem becomes particularly intricate with the introduction of 5 degrees of freedom (5-DOF) robotic arms, exemplified by the LeArm developed by Hiwonder Lewansoul.

This thesis embarks on a comprehensive exploration of innovative solutions to the inverse kinematics problem for 5-DOF robotic arms, with a specific focus on the LeArm. The study leverages the power of machine learning, aiming to revolutionize the conventional analytical approaches to inverse kinematics.

The objectives of this research encompass the development of a kinematic model for the LeArm, the creation of extensive datasets for training, and the implementation of machine learning techniques. The proposed machine learning models, including neural networks and reinforcement learning, are rigorously trained to predict joint configurations corresponding to end effector poses.

Through a meticulous analysis of these models, their effectiveness in solving the inverse kinematics problem for the LeArm is evaluated. Additionally, the thesis explores the advantages and limitations of machine learning-based approaches compared to traditional analytical methods.

The findings of this research hold significant implications for the field of robotics and automation. Machine learning-driven solutions for inverse kinematics promise greater adaptability, efficiency, and accuracy, particularly for complex robotic systems like the LeArm. This study contributes valuable insights into the potential of machine learning in transforming the way we approach kinematic problems in robotics.

Keywords: Robotic Arms, Inverse Kinematics, Machine Learning, 5-DOF, LeArm, Kinematic Model, Neural Networks, Reinforcement Learning, Robotics, Automation.

Résumé

Les bras robotiques sont des outils indispensables dans diverses industries, permettant l'automatisation et la précision dans des tâches allant de la fabrication aux soins de santé.

Un défi fondamental dans le domaine de la robotique est la résolution du problème de cinématique inverse, qui consiste à déterminer les configurations articulaires nécessaires pour atteindre une position et une orientation souhaitées de l'effecteur terminal.

Ce problème devient particulièrement complexe avec l'introduction de bras robotiques à 5 degrés de liberté (5-DOF), exemplifié par le LeArm développé par Hiwonder Lewansoul.

Cette thèse entreprend une exploration approfondie de solutions innovantes au problème de cinématique inverse pour les bras robotiques à 5-DOF, en mettant l'accent sur le LeArm.

L'étude exploite la puissance de l'apprentissage automatique, visant à révolutionner les approches analytiques conventionnelles de la cinématique inverse.

Les objectifs de cette recherche englobent le développement d'un modèle cinématique pour le LeArm, la création de vastes ensembles de données pour l'entraînement, et la mise en œuvre de techniques d'apprentissage automatique.

Les modèles d'apprentissage automatique proposés, y compris les réseaux neuronaux et l'apprentissage par renforcement, sont rigoureusement entraînés pour prédire les configurations articulaires correspondant aux poses de l'effecteur terminal.

À travers une analyse méticuleuse de ces modèles, leur efficacité dans la résolution du problème de cinématique inverse pour le LeArm est évaluée. De plus, la thèse explore les avantages et les limites des approches basées sur l'apprentissage automatique par rapport aux méthodes analytiques traditionnelles.

Les résultats de cette recherche ont d'importantes implications pour le domaine de la robotique et de l'automatisation. Les solutions basées sur l'apprentissage automa-

tique pour la cinématique inverse promettent une plus grande adaptabilité, efficacité et précision, en particulier pour les systèmes robotiques complexes tels que le LeArm. Cette étude apporte des informations précieuses sur le potentiel de l'apprentissage automatique pour transformer notre approche des problèmes cinématiques en robotique.

Mots-clés : Bras Robotiques, Cinématique Inverse, Apprentissage Automatique, 5-DOF, LeArm, Modèle Cinématique, Réseaux Neuronaux, Apprentissage par Renforcement, Robotique, Automatisation.

ملخص

الأذرع الروبوتية هي أدوات لا غنى عنها في مختلف الصناعات، حيث تمكن من الأتمتة والدقة في المهام التي تتراوح من التصنيع إلى الرعاية الصحية. تحدّ أساسي في ميدان الروبوتيات هو حل مشكلة الحركة العكسية، والتي تتضمن تحديد تكوينات المفاصل اللازمة لتحقيق موقع واتجاه الطرف الفعال المطلوب. تصبح هذه المشكلة أكثر تعقيداً بشكل خاص مع إدخال الأذرع الروبوتية بخمس درجات حرية، (5-DOF) كما هو مثال عليه الروبوت LeArm الذي طوره Lewansoul. Hiwonder.

تطلق هذه الرسالة في استكشاف شامل لحلول مبتكرة لمشكلة الحركة العكسية السينمائية للأذرع الروبوتية ذات الخمس درجات حرية، مع التركيز الخاص على LeArm. تستغل هذه الدراسة قوة تعلم الآلة، بهدف ثورة النهج التحليلية التقليدية لحركة الحركة العكسية.

أهداف هذا البحث تشمل تطوير نموذج سينمائي للروبوت LeArm، وإنشاء مجموعات بيانات واسعة النطاق للتدريب، وتنفيذ تقنيات تعلم الآلة. يتم تدريب النماذج المقترحة لتعلم الآلة، بما في ذلك الشبكات العصبية وتعلم التعزيز، بدقة لتوقع تكوينات المفاصل المتطابقة مع مواقع الطرف الفعال.

من خلال تحليل دقيق لهذه النماذج، يتم تقييم فعاليتها في حل مشكلة الحركة العكسية السينمائية للروبوت LeArm. بالإضافة إلى ذلك، تستكشف هذه الرسالة مزايا وقيود أساليب تعلم الآلة مقارنة بالأساليب التحليلية التقليدية.

يحمل هذا البحث نتائج ذات دلالة كبيرة على ميدان الروبوتيات والأتمتة. حلول تعلم الآلة للحركة العكسية تعد وعداً بمزيد من التكيف والكفاءة والدقة، بشكل خاص للأنظمة الروبوتية المعقدة مثل LeArm. تقدم هذه الدراسة رؤى قيمة حول إمكانية تحويل طريقة تعاملنا مع مشكلات الحركة السينمائية في الروبوتيات باستخدام تعلم الآلة.

كلمات مفتاحية: ذراع روبوتي، معلبات دينايفت-هارتنبيرج، الحركة العكسية، التعلم الآلي، 5-DOF، LeArm، نموذج حركي، الشبكات العصبية، التعلم بالتعزيز، الروبوتيات، الأتمتة.