

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 – بسيدي بلعباس
Ecole Supérieure en Informatique
-08 Mai 1945- Sidi Bel Abbès



MEMOIRE

En Vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Filière : **Informatique**

Spécialité : **Ingénierie des Systèmes Informatiques (ISI)**

Thème

Semantic Mapping Techniques for Mobile Robots and Synthetic Data in
Deep Learning: Bridging Industry 5.0 Applications and General Use
Cases

Présenté par :

- Mme Ouarab Sarah

Soutenu le : **06/07/2023**

Devant le jury composé de :

- | | |
|-------------------------------|--------------|
| - M Rahmoun Abdellatif | Président |
| - M Bensenane Hamdane | Encadreur |
| - M Elarbi Boudhir Mohamed | Co-Encadreur |
| - M Kazi Tani Mohamed Yassine | Examineur |
| - M Boutteau Rémi | Co-Encadreur |

Année Universitaire : 2022 / 2023

Acknowledgment

Thank God, thank you for allowing me to complete this work and achieve this final project as well as this report. Thank you, God, for granting me the ability to acquire knowledge, for guiding me through the challenges, and for the blessings of education that is shaping my future. Alhamdulillah, always and forever.

First, I would like to express my immense gratitude towards my parents Ouarab Nasreddine and Chenoufi Souad, who have always supported me and believed in me, and who have provided me with financial and emotional support throughout the entire duration of my studies. Without you, this would never have been possible.

Furthermore, I would like to thank my brothers Amine and Islam, as well as my sisters Nesrine and Nadine, for supporting me and always believing in me and my abilities. A special thank you goes to my sister Nesrine, who believes in me more than I do myself.

A big thank you also to my uncle Aziz and his wife Chahra who hosted me during my studies in Sidi Bel Abbes and always treated me like their own daughter Asma who i also thank for her kindness and willingness to share.

Thank you to my dear cousins and friends, especially Meryem and Abir. Thank you for always being there for the past two years, ESI would never have been the same without you.

I have the honor to express my gratitude to my school supervisors, Mr. Bensenane and Mr. Boudiher, for their patience, support, and invaluable advices that helped me accomplish this work. I would also like to extend my thanks to my internship supervisor, Mr. Boutteau, who provided me with technical and scientific support throughout the duration of my internship.

Finally, I want to express my sincere gratitude to the members of the jury who have generously dedicated their time to evaluate this work and honored me with their presence.

Dedication

I dedicate this humble work to my dear parents, as a symbol of my immense gratitude for having you and for your support and encouragement since my childhood. Thank you for believing in me and allowing me to dream big.

You are my role models.

In memory of my grandmother, Yema Zina, who was the epitome of a strong woman and taught us the value of family.

To my adorable grandmother, Manou Mimi, who has always supported me and whom I love dearly

To my brothers and sisters, Amine, Islam, Nesrine, and Nadine, who have always been there for me and have never ceased to support me and believe in me.

May they find in these words all my affection and love, for they hold a special place in my heart

Abstract

As Industry 5.0 becomes an increasingly tangible reality, the imperative for humans and robots to collaborate fully within the workplace has become more crucial than ever before. As robots assume more arduous, repetitive, and complex tasks, they have become an indispensable component of the industrial environment, often working in close proximity to human workers. This novel arrangement creates a new challenge that demands a safe and secure environment for human workers. To address and surmount this challenge, robots need to be cognizant of their surroundings, necessitating the creation of a semantic mapping of the robot's environment. A semantic mapping enables robots to comprehend and interact with their environment in a manner that is both safe and intuitive for humans.

Semantic mapping entails the process of creating a digital representation of a physical environment that captures not only its geometric properties but also its semantic features. In the context of industrial environments where robots and humans collaborate, this involves identifying and labeling objects, surfaces, and other features, and associating them with semantic information, such as their function, category, or behavior. Semantic mapping is typically employed to enable robots to navigate and interact with their environment in a more intelligent manner, by allowing them to reason about the meaning and context of the objects and spaces they encounter and be fully autonomous.

The use of synthetic data, which refers to artificially generated data rather than real-world data, is gaining significant importance in the field of artificial intelligence. Synthetic data allows researchers and practitioners to create diverse and customizable datasets for training machine learning and deep learning models, improving their performance, and addressing challenges such as data scarcity and privacy concerns

This master's thesis outlines the techniques used for creating semantic mapping in recent years, utilizing Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) techniques, including the integration of artificial intelligence techniques. Additionally, this thesis also explores the previous work conducted in training deep learning models using synthetically generated data.

Key words : Mobile robotic, Semantic Mapping, Deep learning , Computer Vision, Industry 5.0 , SLAM Algorithms, Synthetic Data Generation, Deep Learning.

Résumé

Alors que l'Industrie 5.0 devient une réalité de plus en plus tangible, l'impératif d'une collaboration complète entre les humains et les robots sur le lieu de travail est devenu plus crucial que jamais. Alors que les robots assument des tâches de plus en plus ardues, répétitives et complexes, ils sont devenus une composante indispensable de l'environnement industriel, souvent en étroite proximité avec les travailleurs humains. Ce nouvel arrangement crée un nouveau défi qui exige un environnement sûr et sécurisé pour les travailleurs humains. Pour relever et surmonter ce défi, les robots doivent être conscients de leur environnement, ce qui nécessite la création d'une cartographie sémantique de l'environnement du robot. La cartographie sémantique permet aux robots de comprendre et d'interagir avec leur environnement de manière à la fois sûre et intuitive pour les humains.

La cartographie sémantique implique la création d'une représentation numérique d'un environnement physique qui capture non seulement ses propriétés géométriques mais également ses caractéristiques sémantiques. Dans le contexte des environnements industriels où les robots et les humains collaborent, cela implique d'identifier et d'étiqueter des objets, des surfaces et d'autres caractéristiques, et de les associer à des informations sémantiques telles que leur fonction, leur catégorie ou leur comportement. La cartographie sémantique est généralement utilisée pour permettre aux robots de naviguer et d'interagir avec leur entourage de manière plus intelligente, en leur permettant de raisonner sur la signification et le contexte des objets et des espaces qu'ils rencontrent et d'être entièrement autonomes.

L'utilisation des données synthétiques prend de plus en plus d'importance dans le domaine de l'intelligence artificielle pour l'entraînement de différents modèles de classification et de détection. Les données synthétiques, qui se réfèrent à des données générées artificiellement plutôt qu'à des données réelles, permettent aux chercheurs et aux praticiens de créer des ensembles de données diversifiés et personnalisables pour entraîner des modèles d'apprentissage automatique, améliorant ainsi leurs performances et abordant des défis tels que la rareté des données et les problématiques de confidentialité.

Cette thèse de master présente les techniques utilisées ces dernières années pour créer une cartographie sémantique, en utilisant des techniques de localisation et de cartographie simultanées (SLAM), y compris l'intégration de techniques d'intelligence artificielle. De plus, cette thèse examine également les travaux précédents réalisés dans la formation de modèles d'apprentissage profond en utilisant des données générées de manière synthétique..

Mots clés: Robotique mobile, Cartographie, Deep learning, Vision par Ordinateur , Industrie 5.0, les Algorithmes SLAM, Genration de Données Synthetiques, Apprentissage.

List of Acronyms

AI	: Artificial Intelligence
AP	: Average Precision
CamVid	: Cambridge-driving Labeled Video Database
CNN	: Convolutional Neural Network
CRF	: Conditional Random Fields
CRFH	: Color and Rotation Invariant Feature Histogram
DIMO	: Dataset of Industrial Metal Objects
EKF	: Extended Kalman Filter
IoU	: Intersection over Union
KITTI	: Karlsruhe Institute of Technology and Toyota Technological Institute
LSD	: Large-scale Direct Monocular
MAE	: Mean Absolute Error
MIR	: Mobile Industrial Robot
MSE	: Mean Squared Error
NMS	: Non-Maximum Suppression
R-CNN	: Regions with CNN features

-
- RBPF** : Rao Blackwelissed particle filtering
- RGB** : Red, Green, Blue
- ROS** : Robot Operating System ROS
- RPN** : Region Proposal Network
- SLAM** : Simultaneous localization and mapping
- SSD** : Single Shot MultiBox Detector
- SVM** : Support Vector Machine
- YOLO** : You Only Look Once