PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
UNIVERSITY OF FERHAT ABBAS, SETIF1
FACULTY OF SCIENCES
COMPUTER SCIENCE DEPARTMENT



MASTER'S THESIS

Multimodal Approach for Alzheimer's Disease Diagnosis using MRI and Clinical Data

Supervisor:
Dr. LAOUAREM AYOUB

By:
BELLAL ANFAL

PROMOTION OF 2025/2026

ABSTRACT

Nowadays, Artificial Intelligence (AI) models have emerged in many medical fields, providing significant advancements in diagnostics and patient care. Specifically, the early and precise detection of Alzheimer's disease (AD) is crucial for effective intervention and management. This thesis aims to develop an accurate, multimodal diagnostic system for AD that integrates Magnetic Resonance Imaging (MRI) and clinical data to enhance clinical decision-making.

In this thesis, we propose a multimodal approach for AD diagnosis using MRI and clinical data. In this approach, for MRI analysis, we employed an ensemble deep learning model based on the EfficientNetB3 and InceptionV3 architectures, achieving an accuracy of 95.06%. Simultaneously, clinical data were evaluated using a hyperparameter-tuned XGBoost model, reaching an accuracy of 86.07%. By integrating the predictions from both models, our proposed multimodal system achieved an improved overall accuracy of 96.35%. To enhance the interpretability and trustworthiness of our proposed approach, Explainable AI (XAI) techniques were employed to provide insights into model decision-making processes.

Keywords: Alzheimer's disease, Deep Learning, Machine Learning, Multimodal

ملخص

في الوقت الحاضر، ظهرت نماذج الذكاء الاصطناعي (AI) في العديد من المجالات الطبية، مما أدى إلى تحقيق تقدم كبير في التشخيص ورعاية المرضى. وعلى وجه التحديد، يُعد الكشف المبكر والدقيق عن مرض الزهايمر (AD) أمرًا بالغ الأهمية للتدخل والعلاج الفعالين. تهدف هذه المذكرة إلى تطوير نظام تشخيصي دقيق ومتعدد الوسائط لمرض الزهايمر، يدمج بين التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) والبيانات السريرية من أجل تحسين عملية اتخاذ القرارات السريرية.

وفي هذه المذكرة، نقترح نهجًا متعدد الوسائط لتشخيص مرض الزهايمر باستخدام التصوير بالرنين المغناطيسي والبيانات السريرية. بالنسبة لتحليل التصوير بالرنين المغناطيسي، استخدمنا نموذج تعلم عميق مُجمّعًا يعتمد على بُنيتي EfficientNetB3 و InceptionV3 حيث حققنا دقة بنسبة 95.06%. وفي الوقت نفسه، تم تقييم البيانات السريرية باستخدام نموذج XGBoost المُعدّل بالمعلمات الفائقة، وبلغت الدقة 86.07%. ومن خلال دمج التنبؤات من كلا النموذجين، حقق نظامنا متعدد الوسائط المقترح دقة إجمالية محسّنة بلغت 96.35%. ولتعزيز قابلية تفسير النهج المقترح وموثوقيته، تم استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير (XAI) لتوفير رؤى واضحة حول عمليات اتخاذ القرار في النموذج.

كلمات مفتاحية: مرض الزهايمر، التعلم العميق، التعلم الآلي، متعدد الوسائط

TABLE OF CONTENTS

General Introduction 1

1 Overview of Artificial Intelligence Techniques 3

1.1 Introduction 3

1.2 Artificial Intelligence 3

1.3 Machine learning 3

1.3.1 Supervised Learning 3

1.3.2 Unsupervised Learning 4

1.3.3 Reinforcement learning 4

1.4 Machine Learning Models 5

1.4.1 Random Forests 5

1.4.2 Support Vector Machine 5

1.4.3 K-Nearest Neighbor 5

1.4.4 Gradient Boosting 5

1.4.5 XGBoost 5

1.4.6 MLP 6

1.5 Deep Learning 6

1.5.1 Deep Learning Applications 6

1.5.2 Deep Learning Architectures 7

1.5.2.1 Neural Networks 7

1.5.2.2 Convolutional Neural Network 7

1.5.2.2.1 Attention Mechanisms 9

1.5.2.2.2 CNN Advantages 9

1.5.3 Training Optimization Techniques 10

1.6 Transfer Learning 10

1.7 Multimodal Learning 10

1.8 Explainability 11

1.8.1 Class Activation Mapping 11

1.8.2 Shapley Additive Explanation 11

1.9 Conclusion 11

2 State of the Art and Related Work 12

2.1 Introduction 12

2.2 Alzheimer's disease 12

2.3 The Global Deterioration Scale 13
2.4 Neuroimaging techniques 15
2.4.1 Magnetic Resonance Imaging 15
2.4.2 Positron emission tomography 16
2.4.3 Single-photon emission computed tomography 16
2.5 Literature Review 17
2.5.1 Machine learning-based approaches 17
2.5.2 Neuroimaging-based approaches 18
2.5.3 Multimodal-based approaches 22
2.6 Conclusion 27
3 METHODOLOGY AND EXPERIMENTS 28
3.1 Introduction 28
3.2 Dataset Description 28
3.3 Dataset Preprocessing and Preparation 29
3.3.1 Clinical Data Preprocessing 29
3.3.2 MRI Data Preprocessing 30
3.4 Tools overview 33
3.4.1 Environment 33
3.4.2 Programming language 33
3.4.3 Framework 33
3.4.4 Used libraries 33
3.5 Model Evaluation Metrics 34
3.5.1 Accuracy 34
3.5.2 Precision 34
3.5.3 Recall 34
3.5.4 Confusion matrix: 34
3.6 Proposed Methods 35
3.6.1 Machine Learning Approaches 35
3.6.1.1 Machine Learning Models Performance 35
3.6.1.2 Discussion 37
3.6.2 Deep learning approaches 38
3.6.2.1 Proposed architectures 38
3.6.2.2 Pre-trained architectures 41
3.6.3 Multimodal Approach 52
3.6.3.1 Comparison with State-of-the-Art Methods 53
3.7 Proposed Approach Interpretability 54

3.7.1 Grad-CAM 54
3.7.2 SHAP 55
3.8 Conclusion 56
General Conclusion & Perspectives **57**
Bibliography **59**