



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT

Madame Btissam BOUSARHANE

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Informatique

Le Vendredi 29 Décembre 2023 à 15h30 au Grand Amphi à l'ENSIAS

Intitulé de la thèse

**Toward an Efficient and Fast Classification of Traffic Signs using
New Deep Learning Architectures (Mean-LC)**

Président :

Pr. Radouane MRABET, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse :

Pr. Driss BOUZIDI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Faouzia BENABBOU, PES, FSBM, Université Hassan II, Casablanca.

Pr. Said JAI ANDALOUSSI, PES, FSAC, Université Hassan II, Casablanca

Pr. Rachid OULAD HAJ THAMI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Examineur :

Pr. Sanaa EL FKIHI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat



Abstract: In our digital society, where the technology is changing at an accelerated rate, many of human activities have become easier due to the exponential growth of many intelligent devices, especially mobiles ones. Becoming as an important and integral part of our lives, these technologies, and more specifically smartphones, have changed many aspects of our daily life, including among others the way we use and control our cars. Improving the driving experience, and enhancing the environmental perception to support safety, especially in VANETs, represents in effect one of the most recent application fields of these technologies. This safety improvement includes lane deviation alert, safety distance warning, congestion & collision avoidance, etc.

According to the WHO Safety Report, traffic accidents cause almost over two deaths per minute. This dramatic situation is due to many factors, which are especially related to drivers' behavior, which represents in fact the most principal cause of traffic incidents. Where comes the crucial role of traffic signs recognition, specifically for Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) & autonomous vehicles, and that by assisting and alerting drivers on roads to prevent accidents. Which by consequence, enhance traffic safety in general.

To ensure this recognition, recently Artificial Intelligent (AI) based approaches are used by many researchers, due to their high recognition's performances, more precisely Deep Learning (DL) ones. However, this type of methods is very demanding in terms of computation, hardware and memory requirements, which limits their implementation in real-time systems, and also in low-resources environments. From this perspective, the objective of this work is to reduce this computational complexity, in order to ensure a fast & efficient classification of traffic signs for limited resources environments.

To achieve this objective, we have changed CNNs' input, hidden and final layers by minimizing the maximum the number of used parameters, and that in order to speed up the process while ensuring at the same time a better precision. Therefore, our approach based on multi-dimensional, separable & partial connections is proposed. A last module based on one-dimensional separable convolutions & subsampling is added to get the final predictions. In the light of all the obtained results, we have proposed new DL architectures, and based on these architectures our Mean-LC4&5 DL networks are developed.

To evaluate the performances of the proposed models, we have used several recognized public databases, namely Belgium TSCD, CURE-TSR and German TSRB. Hence, after the training, the validation & the testing process, the obtained results show that the proposed networks are faster and more efficient. They even exceed existing methods in terms of inference time and accuracy with 99%, and that using Belgium Traffic Sign Classification Database.

Keywords: Traffic Signs Recognition, Road Signs Classification, Traffic Safety, Artificial Intelligence, Deep Learning, Convolutional Neural Network, Partially-Connected Neural Network, Receptive Fields CNN, Mean-LC Neural Network, Limited Resources System, Inference Time, Recognition Accuracy, BTSCD, CURE-TSR, GTSRB.

Résumé : Dans cette société numérique où la technologie évolue à un rythme très accéléré, de nombreuses activités humaines sont devenues de plus en plus faciles à cause de la croissance exponentielle de nombreux appareils intelligents, en particulier les appareils mobiles. Devenues ainsi une partie importante et intégrante de nos vies, ces technologies, et plus



particulièrement les smartphones, ont changé de nombreux aspects de notre vie quotidienne, y compris entre autres la façon dont nous utilisons et contrôlons nos voitures. Améliorer l'expérience de conduite, ainsi que l'optimisation de la perception de l'environnement et de la sécurité routière, en particulier dans le contexte des VANETs, représente en fait l'un des champs d'application les plus récents de ces technologies. Favoriser cette sécurité préventive comprend l'alerte de déviation de trajectoire, l'avertissement de distance de sécurité, l'évitement des embouteillages, etc.

Selon le rapport de l'OMS sur la sécurité routière, les accidents de la circulation causent près de deux décès par minute. Cette situation dramatique est due à de nombreux facteurs, dont notamment le comportement des conducteurs, qui représente en fait l'une des principales causes des accidents de la route. D'où vient le rôle crucial que joue la reconnaissance des panneaux de signalisation dans l'amélioration de la sécurité routière, et cela en assistant et alertant les conducteurs afin de prévenir et d'éviter les accidents, en particulier dans les Systèmes Avancés d'Aide à la Conduite, et les véhicules autonomes. Pour assurer cette reconnaissance, les approches basées sur l'Intelligence Artificielle (IA) sont récemment utilisées par de nombreux chercheurs en raison de leurs hautes performances, et plus précisément celles d'Apprentissage Profond (AP). Cependant, ce type d'approches est très exigeant en termes de calcul, de matériel et de mémoire, ce qui limite leur mise en œuvre dans les systèmes temps-réel, ainsi que dans les environnements à faibles ressources. C'est dans cette perspective que s'inscrit ce travail, qui vise à réduire cette complexité afin d'assurer une classification rapide et efficace des signaux routiers dans les environnements à ressources limitées.

Pour atteindre cet objectif, nous avons modifié les couches d'entrée, les couches cachées et celles finales au niveau des CNNs, et ce en réduisant au maximum le nombre de paramètres utilisés afin d'accélérer le process, tout en assurant une meilleure précision. Par conséquent, notre approche basée sur les convolutions séparées, partielles et multidimensionnelles est proposée. Un dernier module basé sur des convolutions séparées unidimensionnelles avec sous-échantillonnage est ajouté afin d'obtenir les prédictions finales. A la lumière de l'ensemble des résultats obtenus, nous avons proposé ainsi de nouvelles DL architectures, et c'est sur la base de ces architectures que les modèles Mean-LC4&5 ont été développés.

Pour évaluer les performances des modèles proposés, nous avons utilisé plusieurs bases données publiques reconnues, à savoir Belgium TSCD, CURE-TSR et German TSRB. Ainsi, après le process d'apprentissage, de validation et de test, les résultats obtenus montrent que les réseaux proposés sont plus rapides et plus efficaces. Ils dépassent même les méthodes existantes en termes de temps d'inférence et de précision ; avec 99% en utilisant Belgium Traffic Sign Classification Database.

Mots-clés : Reconnaissance des Panneaux de Signalisation, Classification des Panneaux Routiers, Sécurité Routière, Intelligence Artificielle, Apprentissage en Profondeur, Réseau de Neurones Convolutionnels, Réseau de Neurones Partiellement Connectés, Réseau de Neurones Mean-LC, Système à Ressources Limitées, Temps d'Inférence, Précision, BTSCD, CURE-TSR, GTSRB.