



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mr **ABOUSSALEH Ilyasse**
Soutiendra : le **Mardi 23/07/2024 à 15H30**
Lieu : **FSDM – Centre Visioconférence**

Une thèse intitulée :

« **Deep Learning-Based 3D and 2D Semantic Segmentation of Brain Tumors Using Single and Multi-Modal Medical Images**»

En vue d'obtenir le **Doctorat**

FD : **Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication**
Spécialité : **Informatique**

Devant le jury composé comme suit :

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
Pr TAIRI Hamid	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Président
Pr BELLACH Benaïssa	Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Oujda	PES	Rapporteur & Examineur
Pr TAIME Abderazzak	Ecole Supérieure de Technologie, Khénifra	MCH	Rapporteur & Examineur
Pr YAHYAOUY Ali	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Rapporteur & Examineur
Pr EL FAZAZY Khalid	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Examineur
Pr SABRI My Abdelouahed	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Examineur
Pr MAHRAZ Mohamed Adnane	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Examineur
Pr BOUARHROUM Abdellatif	Faculté de Médecine, de Pharmacie et de Médecine Dentaire, Fès	PES	Invité
Pr EL BATTEOUI Ismail	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MC	Invité
Pr RIFFI Jamal	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Directeur de thèse



Résumé :

La segmentation des tumeurs cérébrales est une tâche fondamentale dans l'analyse des images médicales, visant à automatiser et faciliter la division des différentes structures et régions des tumeurs cérébrales et à les isoler des tissus sains. Les architectures d'apprentissage profond se sont révélées être parmi les techniques de segmentation des tumeurs cérébrales les plus précises, en particulier lorsqu'elles sont appliquées à de grands ensembles de données médicales. L'objectif de cette thèse est de développer des architectures d'apprentissage profond optimales et flexibles pour la segmentation 2D et 3D des tumeurs cérébrales en utilisant des images de résonance magnétique multi-modales. La première approche proposée vise à éviter l'utilisation de masques pour se soustraire à l'interprétation des spécialistes lors de l'annotation des données, une tâche complexe et chronophage. La méthode utilise les caractéristiques extraites de la dernière couche de convolution d'un réseau neuronal convolutif proposé pour la classification binaire, puis le gradient de ces caractéristiques est calculé et multiplié par un vecteur global et maximal pour obtenir le masque représentatif final. Les résultats obtenus étaient significatifs et compétitifs par rapport aux méthodes d'apprentissage non supervisées, mais encore loin des méthodes d'apprentissage supervisé. Pour exploiter l'avancement des données médicales, telles que les données BRATS, avec une annotation plus précise, la thèse a développé trois approches appelées Inception-UDet, Efficient UNet, et STCPU-Net basées sur la structure de référence de la segmentation d'image supervisée U-Net. Dans ce contexte, Inception-UDet utilise un module d'inception dans le réseau de connexion pyramidale bidirectionnelle des caractéristiques pour améliorer les caractéristiques transférées de l'encodeur au décodeur. De plus, une validation croisée a été appliquée pour améliorer les résultats. La seconde approche, Efficient U-Net, utilise plusieurs encodeurs plutôt qu'un seul pour obtenir plus de caractéristiques et un mécanisme d'attention pour conserver les pixels les plus pertinents représentant l'ensemble de la tumeur et ses sous-régions. Plusieurs méthodes basées sur les CNN souffrent encore de limitations telles que l'absence de caractéristiques contextuelles globales et la perte de nombreuses informations due à l'opération de max-pooling, et pour les éviter, STCPU-Net a été proposé basé sur l'encodeur-décodeur de transformateur swin et le réseau de capsules dans la connexion de saut, ce dernier atteignant une grande précision et optimisant le nombre de paramètres et le temps d'exécution du modèle.

Étant donné que les méthodes 2D proposées fournissent des résultats élevés, les informations volumétriques 3D provenant du jeu de données MRI original ont été perdues, ce qui impacte négativement le processus d'apprentissage. 3DUV-NetR+ et 3D-SELTML basés sur l'apprentissage ensembliste profond et les transformateurs, présentés dans cette thèse, ont montré une amélioration remarquable de la segmentation, en particulier 3D-SELTML a accompli 96,2 % pour la tumeur entière, 96,40 % pour la tumeur du noyau et 92 % pour la tumeur rehaussée, en termes de coefficient de similarité de Dice, surpassant toutes les méthodes de segmentation de tumeurs cérébrales 3D à l'état de l'art.

Mots clés :

Segmentation sémantique, Tumeur cérébrale, IRM, Multi-Modal, Apprentissage profond.



DEEP LEARNING-BASED 3D AND 2D SEMANTIC SEGMENTATION OF BRAIN TUMORS USING SINGLE AND MULTI-MODAL MEDICAL IMAGES.

Abstract :

Brain tumor segmentation is a fundamental task in medical image analysis, it aims to automate and facilitate the division of different brain tumor structures and regions and isolate them from the healthy tissues. Deep learning architectures have proven to be among the most precise brain tumor segmentation techniques, performing particularly well on large medical datasets. The objective of this thesis is to develop deep, optimal, and flexible learning architectures for 2D and 3D brain tumor segmentation based on multi-modal magnetic resonance images. The first proposed approach aims to avoid using masks to keep away from the interpretation of specialists in data annotation which is a complex and time-consuming task. The method used the features extracted from the last convolution layer of a convolution neural network proposed for binary classification, and then the gradient of these features is calculated and multiplied by a global and maximal vector to get the final representative mask. The achieved results were significant and competitive compared with unsupervised learning methods, but still far from supervised learning ones. To this end, exploiting the advancement of medical data, such as BRATS data, with high and more precise annotation, the thesis developed three approaches called, Inception-UDet, Efficient UNet, and STCPU-Net based on the benchmark structure of supervised image segmentation U-Net. In this context, Inception-UDet employed an inception module in the bi-directional feature pyramid skip connection network to enhance the features transferred from encoder to decoder. Besides, a cross-validation was applied to improve results. The second approach, Efficient U-Net, used multiple encoders rather than one to get more features and an attention mechanism to save the most pertinent pixels that represent the whole tumor and its sub-regions. Several CNN-based methods still suffer from limitations such as the absence of global contextual features and the loss of much information due to the max-pooling operation, and to avoid them, STCPU-Net has been proposed based on the swin transformer encoder-decoder and capsule neural network in the skip connection, this later achieves great accuracy and optimizes the parameters number and time-execution of the model. Since the proposed 2D methods provide high findings, 3D volumetric information from the original MRI dataset has been lost which impacts negatively on the learning process. 3DUV-NetR+ and 3D-SELTML based on deep ensemble learning and transformers, presented in this thesis, showed a remarkable enhancement in segmentation, especially 3D-SELTML accomplished 96.2% for whole tumor, 96.40% for core tumor and 92% for enhancing tumor, in terms of dice similarity coefficient, outperforming all the 3D state-of-the-art brain tumor segmentation.

Key Words :

Semantic Segmentation, Brain tumor, MRI, Multi-Modal, Deep Learning.