

Apprentissage supervisé de la dose par méthode Monte-Carlo en radiothérapie externe

LAGEDAMON Valentin¹, LENI Pierre-Emmanuel¹, GSCHWIND Régine¹

¹Laboratoire Chrono-Environnement UMR CNRS 6249 – 4, Place Tharradin 25200 Montbéliard

valentin.lagedamon@univ-fcomte.fr

Introduction

Les applications du Deep Learning en radiothérapie ont considérablement augmenté ces 10 dernières années couvrant chaque aspect du parcours patient (de la segmentation automatique à la toxicité post-traitement). A ce jour, la prédiction de la dose en radiothérapie externe repose essentiellement sur l'utilisation d'un réseau profond basé sur une architecture convolutionnelle (CNN) dérivée des architectures U-Net et/ou Res-Net [1,2]. Récemment, cet axe de recherche a également vu l'émergence d'une nouvelle approche par réseau GAN (*Generative Adversarial Network*)

Matériels & Méthodes

Pour cette étude, une nouvelle approche basée sur l'utilisation combinée de deux réseaux profonds (PMC / ConvLSTM2D) utilisant les données machine et patient a été développée pour prédire la dose déposée dans le patient. Pour ce faire, des données concernant 10 traitements de cancers de la prostate traités via la technique VMAT [3] à l'HNFC sur un Clinac 2100C (Varian) ont été récupérés. Pour chaque traitement, les positions de lames du MLC ont été extraites du fichier DICOM pour construire une représentation *Beam Eye View* binaire de l'image MLC pour chacun des 178 points de contrôle d'un arc de traitement. Pour l'entraînement du PMC, des espaces des phases ont été générés avec le code EGSnrc et les distributions de fluence ont été calculées avec l'acteur de fluence de GEANT4/GATE pour une DSP donnée. Le réseau ConvLSTM2D a quant à lui été entraîné pour calculer des distributions de doses 3D à partir des fluences à l'entrée du faisceau. Ces distributions voxelisées utilisées pour l'apprentissage ont été calculées pour chaque point de contrôle avec DosXYZnrc. Les réseaux profonds ont été construits à partir des bibliothèques Tensorflow et Keras en python. Les performances des réseaux ont été évaluées à partir de deux métriques (MSE / γ -index) comparant les résultats de prédiction avec les résultats obtenus par méthode Monte-Carlo.

Résultats

Le réseau PMC est capable de prédire la distribution de fluence avec une bonne précision en comparaison des résultats obtenus via Monte-Carlo avec quelques difficultés au niveau des pénombres. La MSE moyenne est en dessous de 10^{-2} avec une médiane de $3 \cdot 10^{-3}$. Le réseau ConvLSTM2D, à partir de la fluence prédite, permet de prédire la dose dans l'eau avec un γ -index en 3D de 99.8 % avec une tolérance de 1 %/1 mm par rapport à Monte-Carlo.

Références

- [1] Kontaxis, C., et al. "DeepDose: towards a fast dose calculation engine for radiation therapy using deep learning." *Physics in Medicine & Biology* 65.7 **2020**
- [2] Nguyen, Dan, et al. "3D radiotherapy dose prediction on head and neck cancer patients with a hierarchically densely connected U-net deep learning architecture." *Physics in medicine & Biology* 64.6 **2019**
- [3] Otto, Karl. "Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc." *Medical physics* 35.1 (2008)