

Proposition de sujet de thèse

Titre : Caractérisation de la texture par analyse topologique des données. Application aux maladies dégénératives.

Laboratoire : LAGA

Encadrement : Li-Thiao-Té Sébastien¹, Ian Morilla

Durant la morphogénèse, les processus biologiques créent des structures topologiques particulières dans l'anatomie des tissus et des organes [1]. De la même façon, certaines lésions des tissus sont reconnaissables par des modifications de la texture en imagerie biomédicale.

Dans le cas de la greffe pulmonaire, le succès opératoire ou l'apparition de complications peut se voir dans la distribution et la forme des zones d'hypodensité (noires) en imagerie scanner X [2-3]. Ces modifications de la texture précèdent la dégradation de la fonction respiratoire, et pourraient permettre une intervention thérapeutique précoce.

L'analyse topologique des données (TDA) fournit une description mathématique des composantes connexes, trous et lacets dans une image [4,5]. Pour cela, on calcule une représentation simplifiée des données sous la forme d'un graphe appelé complexe simplicial qui encode les relations de proximités entre points. Cependant, la TDA décrit imparfaitement les caractéristiques géométriques et statistiques. Pour y remédier, nous proposons d'introduire la surface et le périmètre des trous dans les objets de la TDA (complexe simplicial, filtration de Vietoris-Rips, diagrammes code-barre).

Dans un deuxième temps, nous proposons d'exploiter les descripteurs obtenus et de les relier au risque de mortalité après un an et aux caractéristiques histologiques des tissus par apprentissage statistique [6,7]. En particulier, la filtration de Vietoris-Rips introduit une analyse multi-échelle de la texture, que nous souhaitons comparer aux résultats obtenus par des modèles de type processus stochastiques spatiaux, et notamment le périmètre et la surface moyennes en fonction de l'échelle [8,9].

Nous envisageons d'appliquer cette approche aux images Chest X Ray obtenues à l'Hôpital Bichat dans le cadre du suivi post-opératoire, puis de l'étendre à d'autres maladies telles que les maladies neurodégénératives qui affectent l'organisation des tissus et organes.

1 lithiao@math.univ-paris13.fr

Références

1. Hoffmann LA *et al.* 2022. Theory of defect-mediated morphogenesis. *Science* (Biophysics).
2. Salas JA *et al.* 2021. Reconstruction of respiratory variation signals from fMRI data. *NeuroImage*.
3. Yung JY *et al.* 2020. Investigation of Functional Connectivity Differences between Voluntary Respirations via Mouth and Nose Using Resting State fMRI. *Brain Sciences*.
4. Lindenbaum O *et al.* 2018. Geometry-Based Data Generation. arXiv.
5. Rieck B *et al.* 2020. Uncovering the Topology of Time-Varying fMRI Data using Cubical Persistence. arXiv.
6. Gauthier S, ..., Morilla I. 2022. Learning the proteomic mechanisms of COVID-19 severity from a graph convolutional network of persistent homology feature. Submitted.
7. Trahn-Din A, ..., Morilla I. 2022. Personalised Risk Predictor for Acute Cellular Rejection in Lung transplant using soluble CD31. *Scientific Reports* (2nd revision).
8. Biermé H et Desolneux A. 2016. On the perimeter of excursion sets of shot noise random fields. *The Annals of Applied Probability*.
9. Biermé H et Desolneux A. 2020. Mean Geometry for 2D random fields: level perimeter and level total curvature integrals. *The Annals of Applied Probability*.