

Analyse Spectrale des Graphes de Barabási-Albert par les Matrices Aléatoires et Applications à la Médecine Personnalisée en Radiologie Mammaire

Malika Kharouf (LIST3N/UTT) & Prof. Bassem Ben Hamed (ENET'Com,
Tunisie)

Mars 2025

Résumé

Cette thèse vise à développer une approche d'analyse spectrale des graphes de Barabási-Albert (BA) à l'aide de la théorie des matrices aléatoires et à appliquer ces techniques à la médecine personnalisée en radiologie mammaire. L'objectif est d'exploiter les caractéristiques spectrales des réseaux complexes pour améliorer la détection et la classification des anomalies en imagerie médicale, notamment dans le cadre du diagnostic du cancer du sein.

1. Contexte et Motivation

Le cancer du sein reste un enjeu majeur de santé publique. Les modalités d'imagerie existantes (mammographie, échographie, IRM, tomosynthèse) sont souvent analysées indépendamment. Or, les graphes de Barabási-Albert peuvent modéliser les relations complexes entre ces modalités. En exploitant leurs propriétés spectrales, nous chercherons à identifier des signatures spectrales pertinentes pour la classification des anomalies mammaires.

Les graphes de Barabási-Albert (BA) sont des réseaux sans échelle qui suivent un modèle d'attachement préférentiel, où les nouveaux nœuds se connectent préférentiellement aux nœuds ayant déjà un grand degré. Cette propriété les rend pertinents pour modéliser des systèmes complexes, comme les réseaux neuronaux ou les relations entre différentes modalités d'imagerie.

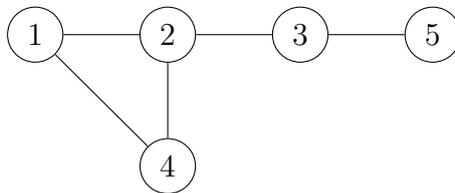


Figure 1: Exemple d'un graphe de Barabási-Albert montrant l'attachement préférentiel.

2. Objectifs de la Thèse

2.1. Analyse des propriétés spectrales des graphes BA

Nous examinerons les propriétés spectrales des graphes BA afin d'extraire des motifs exploitables pour l'analyse des images médicales. La distribution des valeurs propres des matrices d'adjacence sera explorée afin de détecter les schémas structurels caractéristiques des

graphes, en mettant en évidence les réseaux fortement connectés susceptibles de refléter des anomalies.

2.2. Lien entre signatures spectrales et anomalies médicales

L'utilisation de la théorie des matrices aléatoires nous permettra de modéliser et de mieux comprendre les variations spectrales associées aux différents types de tumeurs mammaires. En analysant les perturbations dans la structure spectrale des graphes, nous serons en mesure de détecter des motifs anormaux liés aux pathologies médicales.

2.3. Développement d'un modèle de fusion multimodale dynamique

En combinant les informations extraites des graphes avec des techniques avancées d'apprentissage automatique, nous proposerons un système de fusion multimodale adaptatif, capable d'ajuster dynamiquement les données en fonction de leur pertinence clinique. Ce système exploitera les propriétés spectrales pour réduire la redondance et concentrer l'analyse sur les modalités les plus informatives.

2.4. Techniques de détection et d'intelligence artificielle

Nous utiliserons des techniques de détection d'anomalies basées sur l'analyse spectrale et l'intelligence artificielle, telles que les autoencodeurs variationnels et les réseaux neuronaux profonds. Ces approches permettront d'améliorer la capacité du modèle à différencier les images normales et anormales, en exploitant les signatures spectrales extraites.

2.5. Validation clinique du modèle

Notre approche sera validée sur des données hospitalières réelles issues du CHU de Sfax, permettant une vérification rigoureuse des performances du modèle et de son utilité clinique. L'impact de notre modèle sur l'optimisation des protocoles de diagnostic sera également examiné.

3. Expertise des Encadrants

3.1. Malika Kharouf

Experte en matrices aléatoires et en réseaux complexes, elle apportera ses compétences en analyse spectrale et modélisation des graphes.

3.2. Prof. Bassem Ben Hamed

Spécialiste en intelligence artificielle appliquée, il contribuera au développement des algorithmes de classification et de fusion dynamique.

4. Résultats Attendus

- Une meilleure compréhension des signatures spectrales des graphes BA appliquées à l'imagerie médicale.

- Un modèle de fusion multimodale dynamique pour optimiser la prise de décision en radiologie.
- Une amélioration des systèmes de classification des tumeurs mammaires.
- Des publications scientifiques dans des revues de haut niveau.

5. Conclusion

Cette thèse explore l'interaction entre la théorie des graphes, l'analyse spectrale et l'intelligence artificielle pour offrir une approche novatrice du diagnostic assisté par ordinateur en radiologie mammaire. Elle allie l'analyse des réseaux complexes, l'imagerie médicale et l'intelligence artificielle pour optimiser le diagnostic du cancer du sein et renforcer la médecine personnalisée en radiologie.