

**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 Asmae EL MAIZI**

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Informatique

**Le Vendredi 28 Avril 2023 à 15H au Grand amphi à l'ENSAM de Rabat**

**Intitulé de la thèse**

**APPORT DE L'INFORMATION MUTUELLE DE SYNERGIE INTER-BANDES POUR  
LA SELECTION ET LA CLASSIFICATION DES IMAGES HYPERSPECTRALES**

**Devant le Jury composé de :**

**Président :**

Pr. Malika ZAZI, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Directeur de thèse :**

Pr. Chafik NACIR, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Co-Directeur de thèse :**

Pr. Ahmed HAMMOUCH, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

**Rapporteurs :**

Pr. Omar BOUATTANE, PES, ENSET-Mohammedia, Université Hassan II, Casablanca

Pr. Raja TOUAHNI, PES, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra

Pr. Moulay Driss RAHMANI, PES, Faculté des Sciences, Université Mohammed V de Rabat

**Examineur :**

Pr. Jamal EL MHAMDI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

**Invité :**

Pr. Elkebir SARHROUNI, Dr. Agrégé, CPGE, Mohammedia



**Résumé :** Aujourd'hui, l'imagerie hyperspectrale suscite l'intérêt de diverses disciplines scientifiques telles que la télédétection, la médecine et la géologie. En télédétection, les capteurs hyperspectraux acquièrent des centaines d'images qui contiennent les signatures à haute résolution spectrale pour améliorer la discrimination des objets des terrains supervisés. Cependant, plusieurs défis sont rencontrés lors du traitement des images hyperspectrales (IHS) liés aux volume et qualité des données produites. D'une part, la haute dimensionnalité des données spectrales collectées augmente la complexité du calcul (phénomène de « Hughes » ou la malédiction de la dimensionnalité). D'autre part, l'existence des bandes redondantes et non pertinentes diminue considérablement la précision de la classification. De ce fait, la problématique consiste à sélectionner le groupe réduit d'images pertinentes qui donne des performances de classification meilleures que l'ensemble entier des bandes de l'IHS. Dans le cadre de cette thèse, nous traitons les défis liés à la haute dimensionnalité des IHS en proposant de nouvelles méthodes originales pour la sélection du sous-ensemble optimal de bandes les plus pertinentes à la classification des terrains observés. Dans la première étape, nous avons établi l'état de l'art de l'imagerie hyperspectrale et les principaux défis liés à la grande dimensionnalité des IHS tels que la réduction de la dimensionnalité. Ensuite, les machines à vecteurs de support (SVM) sont choisies pour la validation des résultats de sélection suite à l'étude comparative de plusieurs stratégies de classification. Nous avons présenté l'éventail des approches de réduction de dimensionnalité pour introduire une nouvelle approche hybride « Filter-Wrapper » utilisant l'information mutuelle et la probabilité d'erreur. En outre, nous avons utilisé l'information mutuelle conditionnelle dans un nouvel algorithme qui augmente le taux de classification des IHS. Nous avons introduit également la notion de la synergie inter-bandes pour une meilleure sélection du sous-ensemble de bandes. Finalement, nous avons proposé la mesure de synergie normalisée comme heuristique qui améliore les résultats de la synergie des bandes. Trois ensembles de données hyperspectrales sont utilisés pour l'évaluation des approches proposées : « Indian Pines », « Salinas » fournis par le spectromètre AVIRIS de la NASA et « Pavia University » par le spectromètre ROSIS. Les résultats expérimentaux démontrent la robustesse et l'efficacité des approches proposées vu l'amélioration importante des performances de classification en comparaison avec les travaux de la littérature.

**Mots-clés :** Classification, Machine Learning, imagerie hyperspectrale, réduction de dimensionnalité, synergie d'information, Télédétection.

**Abstract:** Recently, the hyperspectral imaging technology development has attracted growing interest among scientists in various domains such as remote sensing, medicine, and geology. In remote sensing,

hyperspectral sensors acquire hundreds of images that contain high spectral resolution signatures to improve object discrimination of the supervised areas. However, several challenges are encountered when processing the hyperspectral images (HSI), mainly related to the volume and quality of the produced data. On the one hand, the high dimensionality of the collected spectral data increases the computational complexity known as the “Hughes” phenomenon or the curse of dimensionality. On the other hand, the existence of noisy, redundant, and irrelevant bands reduces the accuracy of the classification. Therefore, the problem consists in selecting the reduced group of relevant images that gives better classification performances than the whole set of bands in the HSI. In this thesis, we address the challenges related to the high dimensionality of the HSI by proposing new approaches for selecting the optimal subset of discriminative “bands” for the classification of the observed scenes. In the first step, we established the state of the art of hyperspectral imaging and the main challenges related to the high dimensionality of the HSI. Then, the support vector machine (SVM) classifier is chosen for the validation of selection results based on a comparative study carried out on several classification approaches. Afterwards, we presented an overview of dimensionality reduction approaches to introduce a new hybrid "Filter-Wrapper" approach using mutual information and probability of error for the selection of relevant bands. Then, we proposed a new algorithm using conditional mutual information to increase the classification performance. We also introduced the notion of inter-band synergy for improving the bands subset selection. Finally, we presented the normalized synergy measure as a heuristic that enhances bands synergy results. The evaluation of the proposed approaches has been performed using three hyperspectral datasets: “Indian Pines”, “Pavia University”, and “Salinas”, provided by the “NASA-AVIRIS” and “RODIS” spectrometers. The experimental results demonstrate the robustness and efficiency of the proposed approaches given the significant improvement in classification performance compared to the literature.

**Keywords:** Classification, dimensionality reduction, hyperspectral imaging, information synergy, remote sensing, machine learning.