

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 Hajar HAMMOUCH

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Informatique

Le Lundi 24 Février 2025 à 14h au Grand Amphi à l'ENSIAS de Rabat

Intitulé de la thèse

**Application of Advanced Artificial Intelligence Models to
manage Irrigation using Sensor Data and Satellite Images**

Président :

Pr. Ghizlane Khaissidi, PES, ENSA, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès

Directeurs de thèse :

Pr. Hassan Berbia, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Mounim El-Yacoubi, Professeur des Universités, Télécom SudParis, Institut Polytechnique de Paris, France

Rapporteurs :

Pr. Raddouane Chiheb, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Salah Erraki, PES, Université Cadi Ayyad, Marrakech

Pr. Carole Delenne, HDR, Université d'Aix Marseille (IUSTI), France

Examineurs :

Pr. Pilar Montesinos, Professeur des Universités, Universidad de Cordoba, Espagne

Pr. Huafeng Qin, Professor, Chongqing Technology and Business University (NRIMS), China



Résumé: Dans cette thèse, nous abordons les défis urgents de la gestion de l'eau par l'analyse d'images agricoles et l'étude de modèles d'intelligence artificielle (IA) pour optimiser l'agriculture de précision. Étant donné la menace croissante du changement climatique et la crise mondiale de l'eau, nous avons effectué une étude systématique des technologies d'irrigation intelligente, avec une emphase particulière sur les capteurs IoT, la télédétection (RS: Remote Sensing) et les méthodes d'IA. Cet examen exhaustif met non seulement en évidence les approches existantes, mais ouvre également la voie à de nouvelles solutions qui optimisent l'utilisation de l'eau et renforcent une agriculture durable. Pour répondre au manque critique d'ensembles de données agricoles, nous avons proposé et mis en œuvre des réseaux neuronaux convolutifs (CNN) et des réseaux adversaires génératifs (GAN) pour prédire l'humidité du sol à partir d'images aériennes capturées par des drones. En proposant un nouveau modèle de GAN qui génère conjointement des images synthétiques et leurs vecteurs continus de vérité terrain, nous avons amélioré de manière significative les performances des CNN dans des environnements où les données sont limitées. Les erreurs de prédiction ont été considérablement réduites, ce qui prouve la puissance de l'augmentation des données par GAN dans les tâches de régression, un contexte d'augmentation des données qui n'est pas pris en compte par les GAN conventionnels. En outre, nous avons proposé des modèles d'IA hybrides, combinant des modèles d'apprentissage profond et des modèles d'apprentissage automatique exploitant des caractéristiques fondées sur l'expertise humaine, pour prédire la teneur en azote des cultures de sorgho - un facteur essentiel pour la santé des cultures - à l'aide d'images RGB capturées par des drones. Nous avons mené cette recherche dans le cadre d'une collaboration avec l'Université tchèque des sciences de la vie à Prague (CZU) et l'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT) à Telangana, en Inde. En intégrant des indices spectraux aux architectures CNN, nous avons amélioré la précision des prédictions d'azote, soutenant ainsi des pratiques agricoles plus précises et durables. Grâce à la fusion des technologies de l'IoT, de l'IA et RS, notre travail fournit des solutions innovantes pour relever les défis critiques de la gestion des ressources d'eau et de la durabilité environnementale.

Mots-clés: Agriculture de précision, Augmentation de données, Capteurs IoT, Gestion de l'eau, Humidité du sol, Intelligence artificielle (IA), Modèles d'apprentissage automatique, Régression, Réseaux neuronaux convolutifs (CNN), Télédétection (RS).

Abstract: In this thesis, we tackle the urgent challenges in water management, and agricultural image analysis, by the investigation of artificial intelligence (AI) models to optimize precision farming. Recognizing the growing threat of climate change and the global water crisis, we conducted a systematic review of smart irrigation technologies, focusing on IoT sensors, remote sensing, and AI methods. This comprehensive review highlights existing approaches and sets the stage for new solutions that optimize water use and enhance agricultural sustainability. To address the critical lack of agricultural datasets, we proposed and implemented convolutional neural networks (CNNs) and generative adversarial networks (GANs) to predict soil moisture from UAV-captured aerial images. We significantly enhanced CNN performance in data-scarce environments by proposing a novel GAN model that generates jointly synthetic images and their continuous ground truth vectors. This significantly reduced prediction errors, proving the power of GAN-driven data augmentation in regression tasks, a data augmentation setting not handled by conventional GANs.

Additionally, we have proposed hybrid AI models, combining deep learning models with machine learning models leveraging human expert-based features, for predicting nitrogen content in sorghum crops—an essential factor for crop health—using UAV-captured RGB imagery. We have carried out this research in the context of collaboration with the Czech University of Life Sciences in Prague (CZU) and the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT) in Telangana, India. By integrating spectral indices with CNN architectures, we enhanced the accuracy of nitrogen predictions, supporting more precise and sustainable agricultural practices. Through the fusion of IoT, AI, and RS technologies, our work provides innovative solutions to address critical challenges in water resource management and environmental sustainability.

Keywords: Artificial Intelligence, Convolutional Neural Networks, Data augmentation, Data scarcity, Deep learning models, Generative adversarial networks, IoT sensors, Precision agriculture, Remote sensing, Soil moisture, water management.