



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE AGRONOMIQUE

Département du génie rural
Spécialité: agriculture numérique

قسم الهندسة الريفية
تخصص زراعة دقيقة

Pour l'obtention du diplôme du master

THEME

**Détection des types de cultures par des images
satellitaires multispectrales en utilisant les techniques
d'apprentissage profond (deep learning).**

Présenté par : Djaboub Djamel Eddine

Soutenu le 17/12/2024

Devant le jury composé de :

Président : Mr. Saadaoui Mohamed

Maitre de conférences classe A, ENSA

Promoteur : Mr. DELLI Reda

Maitre de conférences classe B, ENSA

Co-promoteur : Mr. AIT ALI YAHIA Yassine

Maitre de conférences classe B, ESI

Examineur : Dr. Laribi Abdelkader

Maitre de conférences classe A, ENSA

Promotion 2019-2024

Table des matières

Table des matières

1	Introduction Générale	1
Chapitre 1 : Télédétection, images satellitaires, et indices de végétation		
1	Télédétection	4
1.1	Définition:	4
1.2	Les principales étapes de la télédétection :	5
1.3	Le rayonnement électromagnétique	5
1.4	Propriétés des ondes électromagnétiques	7
1.5	Le spectre électromagnétique	8
1.6	Résolution des capteurs à distance	9
1.6.1	Résolution spatiale	9
1.6.2	Résolution radiométrique	9
1.6.3	Résolution temporelle	10
1.6.4	Résolution Spectrale	10
1.7	La mesure du rayonnement	10
1.8	Systèmes d'observation.....	10
1.8.1	Les capteurs.....	10
1.8.2	Type d'acquisition	10
2	Les images satellitaires	11
2.1	Définition	11
2.2	Les type des images.....	11
2.3	Les types de données contextuelles	12
3	Les Indices des végétations	13
3.1	Définition	13
3.2	Les indices de végétation liés à l'activité des cultures.....	15
3.2.1	NDVI, l'indice de végétation par différence normalisée	15
3.2.2	NDWI, l'indice de teneur en eau par différence normalisée	16
3.2.3	LAI, l'indice de surface foliaire.....	16
3.2.4	SAVI, l'indice de végétation ajusté au sol	17
3.2.5	EVI : l'indice de végétation améliorée.....	18
3.3	Indices de végétation relative à la productivité des cultures.....	19
3.3.1	NDRE, différence normalisée bord rouge	19
3.3.2	CHI, l'indice de chlorophylle	20
3.4	Indices de Végétation Personnalisés.....	20
Chapitre2 : Concepts et Aspects de l'Agriculture de Précision (AP) et du Deep Learning.		
1	L'agriculture de précision	22

Table des matières

1.1	Définition	22
1.2	Le principe de l'agriculture de précision	23
1.3	Équipements essentiels pour l'agriculture de précision	23
1.4	Valorisation des outils géomatiques en agriculture de précision	23
2	L'Intelligence artificielle.....	24
2.1	Définition	24
a)	Définition.....	24
2.2	L'histoire de L'IA	25
3	Les Réseaux des neurones.....	26
3.1	Qu'est-ce qu'un neurone « biologique ».....	26
3.2	Réseau de neurones artificiels.....	26
3.3	La Structure d'un neurone artificiel	27
3.4	Perceptron	27
3.5	Fonction d'un Neurone Artificiel Simple	27
3.6	Types des couches de réseaux de neurones :.....	28
3.7	Les fonctions d'activation :.....	28
3.8	Hyperparamètre :	30
3.9	Méthodes d'optimisation en apprentissage automatique :	30
4	Deep Learning (Apprentissage Profond)	31
5	Machines Learning (Apprentissage Automatique)	31
5.1	Définition	31
5.2	Fonctionnement de l'apprentissage automatique.....	32
5.3	Type d'apprentissage automatique	32
5.3.1	Apprentissage supervise.....	33
5.3.2	Apprentissage non supervise.....	33
5.3.3	Apprentissage semi supervise	34
5.3.4	Apprentissage par renforcement.....	34
5.4	Topologie des réseaux de neurones :	35
5.5	Type de réseaux de neurones	37
Chapitre 3: matériel et méthode.		
1	Introduction	40
2	Matériel utilisé.....	40
2.1	Python	40
2.2	Pytorch.....	40
2.3	Google Colaborator	41
2.4	Les modèles utilisés.....	41

Table des matières

2.4.1	Rôle du modèle Random Forest.....	43
2.5	Ensemble Learning.....	43
2.5.1	Fonctionnement.....	43
2.5.2	Techniques ensemblistes utilisées en machine Learning.....	44
3	BreizhCrops.....	44
3.1	L'ENSEMBLE DE DONNÉES BREIZHCROPS.....	44
3.2	Étiquettes des Types de Cultures :	45
3.3	Organisation des données:.....	45
3.4	Caractéristiquesprincipals de BreizhCrops:	45
4	Sentinel-2.....	46
4.1	Définition	46
4.2	Focus sur Sentinel_2	46
4.3	Étapes pour accéder aux données.....	47
4.3.1	Étape 1 : Accéder à Google Earth Engine.....	47
4.3.2	Étape 2 : Explorer les données avec Google Earth Engine	47
4.3.3	Étape 3: Sentinel-2.....	48
5	Les bandes spectrales	48
5.1	Les niveaux des bandes.....	48
5.1.1	Sommet de l'atmosphère.....	49
5.1.2	Bas de l'atmosphère	49
6	L'architecture du code	49
6.1	Introduction.....	49
6.2	Analyse des données sur le jeu breazhcrops	50
6.3	Prétraitement des modèles existants	51
6.4	Ensemble Learning et Évaluation de l'importance des bandes spectrales	51
7	Les informations sur les model utiliser	53
7.1	Séries temporelles à longueur fixe	53
7.2	Sélection et Entraînement des Modèles.....	53
7.3	Réglage des Hyperparamètres :.....	53
7.4	Paramètresd'Optimisation:.....	53
7.5	Modèles et Configurations Testés :.....	53
Chapiter 4: Résultats et Analyse		
1	Introduction :	55
1.1	Téléchargement et exploration des données du jeu de données.....	55
1.1.1	Téléchargement des données de test.....	55
1.1.2	Analyse des données.....	56

Table des matières

1.2	Pré-traitement des modèles	58
1.2.1	Analyse Scientifique des Résultats	59
1.2.2	Conclusion Scientifique.....	60
2	Ensemble Learning.....	60
2.1	Les Modèles Utilisés	60
2.1.1	Voting Classifier avec Voting "Soft"	61
2.1.2	Résultats Observés.....	61
2.1.3	Conclusion	61
3	Evaluer les bandes spectrales :	62
3.1.1	Spectral Bands :.....	63
3.1.2	Bandes les Plus Importantes :	63
3.2	Graphique des coordonnées parallèles:	63
3.2.1	Analyse du diagramme.	63
3.2.2	Utilité du graphique.....	64
4	Interprétation générale du code :	64
4.1	Défauts et Solutions.....	64
5	Conclusion Générale et Perspectives	66

Résumé

Abstract

The pressure on agricultural resources is increasing due to climate change, diverse farming practices and population growth, making sustainable land management essential.

Traditional remote sensing techniques face challenges in accurately classifying different types of crops, particularly due to the similarity in spectral signatures of certain crops, incomplete or noisy satellite data, and the effects of climatic conditions.

This work is based on the BreizhCrops model, developed for studying multispectral and temporal data from Sentinel-2 satellites. Furthermore, it uses various advanced Deep Learning models such as TempCNN, OmniscaleCNN, MSResNet, LSTM, and Transformer to accurately classify different agricultural crops. To improve the overall prediction accuracy, the ensemble learning method is applied, which combines the results of multiple models to optimize overall performance. At the same time, the Random Forest approach is used to assess the importance of each spectral band in the classification process, allowing for the identification of the most relevant bands and thus refining the analyses.

Résumé

La pression sur les ressources agricoles est de plus en plus importante en raison des changements climatiques, des pratiques agricoles diversifiées et de la croissance démographique, ce qui rend nécessaire une gestion durable des terres cultivées.

Les techniques classiques de télédétection présentent des difficultés à classer précisément les différents types de cultures, en particulier en raison de la similitude des signatures spectrales de certaines cultures, des données satellitaires incomplètes ou bruitées, ainsi que des effets des conditions climatiques.

Ce travail repose sur le modèle BreizhCrops, développé pour l'étude des données multispectrales et temporelles provenant des satellites Sentinel-2. De plus, il utilise divers modèles de Deep Learning avancés tels que TempCNN, OmniscaleCNN, MSResNet, LSTM et Transformer afin de classer avec précision les différentes cultures agricoles.

Pour améliorer la précision globale des prédictions, on applique la méthode d'ensemble learning qui permet de combiner les résultats de plusieurs modèles afin d'optimiser la performance globale. Parallèlement, l'approche Random Forest est utilisée pour évaluer l'importance de chaque bande spectrale dans le processus de classification, ce qui permet d'identifier les bandes les plus pertinentes et d'affiner ainsi les analyses.

Résumé

ملخص

تتعرض الموارد الزراعية لضغوط متزايدة نتيجة للتغيرات المناخية، والممارسات الزراعية المتنوعة، والنمو السكاني، مما يجعل من الضروري إدارة الأراضي المزروعة بشكل مستدام.

تواجه التقنيات التقليدية للاستشعار عن بعد صعوبات في تصنيف الأنواع المختلفة من المحاصيل بدقة، خصوصًا بسبب تشابه التوقعات الطيفية لبعض المحاصيل، والبيانات غير المكتملة أو الملتبسة بالضجيج القادمة من الأقمار الصناعية، بالإضافة إلى تأثيرات الظروف المناخية. يعتمد هذا العمل على نموذج BreizhCrops، المطور لدراسة البيانات متعددة الأطياف والزمنية القادمة من أقمار Sentinel-2 الصناعية. كما يستخدم نماذج متقدمة للتعلم العميق مثل TempCNN، OmniscaleCNN، MSResNet، LSTM، وTransformer لتصنيف المحاصيل الزراعية بدقة عالية.

ولتحسين دقة التنبؤات بشكل عام، يتم تطبيق طريقة ensemble learning التي تسمح بدمج نتائج عدة نماذج لتحسين الأداء العام. بالتوازي مع ذلك، تُستخدم طريقة Random Forest لتقييم أهمية كل نطاق طيفي في عملية التصنيف، مما يساعد في تحديد النطاقات الأكثر أهمية وتحسين التحليلات.