Institut National de Statistique
et d'Economie Appliquée

Centre des Etudes Doctorales
Sciences, Ingénierie
et Développement Durable

Avis de soutenance de thèse de Doctorat

Madame Wiam SALHI

Doctorante au laboratoire de recherche

« Systèmes d'Informations, Systèmes Intelligents et Modélisation Mathématique »

(SI2M)

Spécialité : ***Systèmes d'Informations et Systèmes Intelligents***

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat

Le lundi 10 juin 2024 à 10h

à la salle de conférence de l'INSEA

Intitulé de la thèse

« Classification et segmentation des images Land Use-Land Cover (LULC) : Approches basées sur Machine/Deep Learning pour une analyse précise des ressources terrestres »

Devant le jury composé de :

Président :
Pr. Adil KABBAJ, PES, INSEA-Rabat

Directeur de thèse :
Pr. Adil KABBAJ, PES, INSEA-Rabat

Co-Directeur de thèse :
Pr. Mohamed Nabil SAIDI, PES, INSEA-Rabat

Membres du jury :
Pr. Aouatif AMINE, PES, ENSA-Kénitra
Pr. Imade BENELALLAM, PES, INSEA-Rabat
Pr. Hicham LAANAYA, PES, UMV - Rabat

INSEA
Institut National de Statistique et d'Économie Appliquée
CEDOC-SIDD

Les Résumés de la thèse (F1)

Date : 21/02/2024

Réservé à l'administration

N°de thèse : .....

Nom : SALHI

Prénom : Wiam

Résumé

Ces dernières années, les algorithmes de Deep Learning ont connu une popularité croissante dans le domaine de la vision par ordinateur, en particulier en ce qui concerne la classification et la segmentation d'images. Ce dernier a un large éventail d'applications allant de la détection d'objets en mouvement à la détection de cancer, ainsi qu'à la classification d'images satellites, également connues sous le nom d'images d'utilisation et d'occupation des sols (LULC), qui constituent le sujet central de cette thèse.

La classification et la prédiction d'utilisation et d'occupation des sols (LULC) jouent un rôle crucial dans la gestion durable des ressources naturelles à différentes échelles géographiques. Étudier ces changements permet de mieux comprendre les processus et mécanismes sous-jacents qui façonnent notre environnement. Grâce aux progrès dans les technologies d'observation de la Terre, il existe maintenant une opportunité sans précédent d'observer de vastes zones géographiques en détail, en raison de la disponibilité croissante d'énormes quantités d'images satellitaires au fil du temps. Cependant, exploiter efficacement cette mine d'informations pour traiter les données LULC demeure un défi de premier plan dans le domaine de la télédétection.

Jusqu'à présent, les méthodes d'analyse des images satellites se sont avérées coûteuses en termes de temps de calcul, tout en ne montrant pas toujours des performances satisfaisantes. Pour relever ce défi, différentes techniques ont été proposées, y compris l'utilisation de technologies de télédétection conjointement avec des méthodes de Machine et Deep Learning (M/DL). Dans cette thèse, deux approches novatrices sont présentées.

Tout d'abord, une nouvelle architecture de réseau de neurones convolutifs (CNN) appelée Modified MobileNet_V1 (MMN) est proposée. Cette architecture est basée sur une fusion entre

INSEA B.P. 6217, Madinat Al Irfane, Rabat-Instituts, Rabat, Maroc
Tél. : +212 (0)5 37 77 48 59/60 Fax : + 212 (0) 537 77 94 57

INSEA
Institut National de
Statistique et d'Économie
Appliquée
CEDOC-SIDD

Abstract

In recent years, deep learning algorithms have seen increasing popularity in the field of computer vision, particularly regarding image classification and segmentation. The latter has a wide range of applications ranging from the detection of moving objects to the detection of cancers, as well as the classification of satellite images, also known as land use-land cover images (LULC), which constitute the central subject of this thesis.

The classification and prediction of LULC play a crucial role in the sustainable management of natural resources at various geographic scales. Studying LULC changes allows for a better understanding of the underlying processes and mechanisms that shape our environment. Thanks to advancements in Earth observation technologies, there is now an unprecedented opportunity to observe vast geographic areas in detail, owing to the growing availability of extensive satellite imagery over time. However, effectively harnessing this wealth of information to process LULC data remains a prominent challenge in the field of remote sensing.

So far, methods for analyzing satellite imagery have proven to be computationally expensive, while not always exhibiting satisfactory performance. To address this challenge, various techniques have been proposed, including the integration of remote sensing technologies with Machine and Deep Learning methods (M/DL). In this thesis, two innovative approaches are presented.

Firstly, a novel Convolutional Neural Network (CNN) architecture called Modified MobileNet_V1 (MMN) is proposed. This architecture is based on a fusion of MobileNet_V1 and ResNet50. To verify the performance of the MMN method, a comprehensive comparative study is conducted between the proposed model and other popular models based on transfer learning technique, such as MobileNet_V1, VGG16, DenseNet201, and ResNet50. These experiments are carried out on the EuroSat dataset.

Next, a Deep Learning (DL) architecture named STDC-DFCN (Short-Term Dense Concatenate-Depthwise Fully Convolutional Network) is introduced. This architecture is based on STDCNet as the backbone to extract contextual information, progressively reducing the size of the feature map and decreasing computation time. The decoder also incorporates the concept of depthwise convolution to generate the segmentation map. A comparative study with other deep learning models is presented, demonstrating that the proposed approach achieves comparable performance to existing methods while requiring less computation time.

INSEA B.P. 6217, Madinat Al Irfane, Rabat-Instituts, Rabat, Maroc
Tél. : +212 (0)5 37 77 48 59/60 Fax : + 212 (0) 537 77 94 57

The second part of this thesis focuses on the study of LULC changes in the N'fis watershed, located in the western High Atlas region of Morocco, over a period from 1984 to 2022. Using remote sensing technologies, we tracked changes in dams, forests, agriculture, and soil over time. Additionally, a comprehensive comparison between different machine and deep learning models was conducted to simulate and predict LULC changes specifically for the year 2030. The results of this study reveal remarkable accuracy in LULC classification, with rates ranging from 91% to 97% for most years, along with a kappa coefficient between 89% and 95%. Regarding prediction, the Random Forest (RF) model emerged as the most accurate, with a precision rate of 91%.

In summary, this thesis highlights the increasing importance of Machine/Deep Learning algorithms in computer vision, especially in image classification and segmentation. These techniques prove particularly relevant for studying LULC, offering a significant opportunity for the sustainable management of natural resources at the geographic scale. The proposed CNN architectures, MMN and STDC-DFCN, have demonstrated promising performance compared to existing methods, paving the way for new perspectives in remote sensing and environmental mapping.

INSEA B.P. 6217, Madinat Al Irfane, Rabat-Instituts, Rabat, Maroc
Tél. : +212 (0)5 37 77 48 59/60 **Fax** : + 212 (0) 537 77 94 57

INSEA
Institut National de
Statistique et d'Économie
Appliquée
CEDOC-SIDD

ملخص

في السنوات الأخيرة، أصبحت خوارزميات التعلم العميق شائعة بشكل متزايد في مجال رؤية الحاسوب، لا سيما فيما يتعلق بتصنيف الصور وتجزئتها. ولهذه الأخيرة مجموعة واسعة من التطبيقات تتراوح بين الكشف عن الأجسام المتحركة والكشف عن السرطانات، فضلاً عن تصنيف الصورالمأخودة من الأقمار الصناعية، المعروفة أيضا باسم صور استخدام الأراضي، التي تشكل الموضوع الرئيسي لهذه الأطروحة.

ويؤدي تصنيف استخدام الأراضي دوراً حاسماً في الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية على مختلف المستويات الجغرافية. تتيح دراسة التغييرات في استخدام الأراضي واستعمالاتها فهمًا أفضل للعمليات والآليات الأساسية التي تشكل بيئتنا. بفضل تطور تقنيات مراقبة الأرض، هناك الآن فرصة غير مسبوقة لمراقبة مناطق جغرافية شاسعة بالتدقيق، بسبب زيادة توافر كميات هائلة من صور الأقمار الصناعية مع مرور الوقت. ومع ذلك، فإن الاستغلال الفعال لهذه الثروة من المعلومات لمعالجة بيانات استخدام الأراضي لا يزال يمثل تحديًا كبيرًا في مجال الاستشعار عن بعد.

حتى الآن، أثبتت أساليب تحليل صور الأقمار الصناعية أنها تأخذ وقتا طويلا لإظهار النتائج، رغم أن هذه الأخيرة لا ترقى لسقف التطلعات. ولمواجهة هذا التحدي، اقترحت تقنيات مختلفة، بما في ذلك استخدام تكنولوجيات الاستشعار عن بعد بالاقتران مع أساليب التعلم الآلي والتعلم العميق. ونقترح في هذه الأطروحة نهجان مبتكران.

الجزء الأول من هذه الرسالة يركز أولا على تقديم هندسة جديدة لشبكة الأعصاب التكرارية المدمجة (CNN) تسمى Modified MobileNet_V1 (MMN). تستند هذه الهندسة على دمج بين MobileNet_V1 وResNet50. بالتالي، تم إجراء دراسة مقارنة مفصلة بين النموذج المقترح ونماذج شهيرة أخرى معتمدة على التعلم بالنقل وذلك للتحقق من نتائج الطريقة المقترحة MMN، مثل MobileNet_V1، VGG16، DenseNet201 وResNet50. تمت هذه التجارب باستخدام مجموعة بيانات Eurosat. ثم، تقديم هندسة تعلم عميق تُسمى STDC-DFCN (شبكة الاندماج الكاملة ذات الكثافة القصيرة بالتعمق). تستند هذه الهندسة على STDCNet كمشتمل أساسي لاستخراج معلومات السياق، مما يمكن من تقليل تدريجي لحجم الخريطة المميزة وتقليل وقت الحساب. يتضمن المفكر أيضًا مفهوم التكرار بالعمق لإنتاج خريطة التجزئة. تم تقديم دراسة مقارنة مع نماذج تعلم عميق أخرى، تُظهر أن النهج المقترح يتمكن من مجاراة أداء الأساليب الحالية الأخرى مع تحسين وقت الحساب.

الجزء الثاني من هذه الرسالة يركز على دراسة تطور استخدام الأراضي واستعمالاتها في حوض نهر النفيس، الواقع في منطقة الأطلس الكبير الغربي بالمغرب، على مدى الفترة من 1984 إلى 2022. باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، تم متابعة تطور السدود والغابات والزراعة والتربة مع مرور الوقت. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء مقارنة مفصلة بين نماذج مختلفة للتعلم الآلي والعميق (M/DL) لنمذجة وتوقع تغييرات LULC بشكل خاص لعام 2030. تكشف نتائج هذه الدراسة عن دقة ملحوظة في تصنيف استخدام الأراضي واستعمالاتها، مع معدلات تتراوح بين 91% و97% لمعظم الأعوام، بالإضافة إلى معامل كابا بين 89% و95%. فيما يتعلق بالتنبؤ، تم التعرف على نموذج Random Forest (RF) كالأكثر دقة، مع معدل دقة بنسبة 91%.

في الختام، تسلط هذه الرسالة الضوء على الأهمية المتزايدة لخوارزميات التعلم العميق في مجال الرؤية الحاسوبية، وخاصة في مجال تصنيف الصور وتقسيمها. تبدو هذه التقنيات الخاصة بدراسة تغييرات تطور استخدام الأراضي واستعمالاتها فرصة مهمة

INSEA B.P. 6217, Madinat Al Irfane, Rabat-Instituts, Rabat, Maroc
Tél. : +212 (0)5 37 77 48 59/60 Fax : + 212 (0) 537 77 94 57

إدارة الموارد الطبيعية بشكل مستدام على الصعيدين المحلي والإقليمي. الهندسة المعمول بها للشبكات العصبية التكرارية المدمجة مقترحة، MMN وSTDC-DFCN، أظهرت نتائج مشجعة بالمقارنة مع الأساليب الحالية، مما يفتح الباب أمام آفاق جديدة في مجال الاستشعار عن بعد ورسم الخرائط البيئية.

INSEA B.P. 6217, Madinat Al Irfane, Rabat-Instituts, Rabat, Maroc
Tél. : +212 (0)5 37 77 48 59/60 **Fax** : + 212 (0) 537 77 94 57