

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Self Supervised Learning pour la détection d'objets de petite taille

Référence : **PHY-DOTA-2024-01**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2024

Date limite de candidature : 01/06/2024

Mots clés

Deep learning ; SSL ; YOLO ; Quantification d'incertitudes ; multi/hyperspectral ; explicabilité

Profil et compétences recherchées

Master 2 ou école d'ingénieur avec compétences en statistiques, deep learning

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Le développement de capteurs qui permettent d'acquérir de façon simultanée des images dans plusieurs bandes spectrales du visible à l'infrarouge lointain et leur exploitation automatique, rendue possible grâce à l'essor des méthodes de machine learning, ont permis de réaliser ces 20 dernières années de grands progrès en détection, reconnaissance et identification (DRI). Cependant, il demeure difficile de détecter des objets de petite taille (entre 1 et 50 pixels de surface), notamment quand ils présentent un faible contraste par rapport au fond ou quand on cherche à les détecter sur un fond texturé comme un ciel nuageux.

Malgré les progrès récents et impressionnants réalisés par les méthodes d'apprentissage profond dans les tâches de détection d'objets, les réseaux neuronaux (NN) traditionnels pour la détection d'objets ont du mal à trouver un équilibre entre un taux de détection élevé et un faible taux de fausses alarmes, ce qui se traduit par une dégradation de performances lorsqu'il s'agit de détecter des petites cibles. Cela s'explique par la complexité de l'apprentissage : les détecteurs doivent apprendre à extraire les caractéristiques de la cible à partir de peu de données, où le nombre de pixels de la classe objet est très faible par rapport à celui de la classe d'arrière-plan.

Pour résoudre ce problème, nous avons proposé, dans le cadre de la thèse d'A. Ciocarlan (2021-2024), un nouveau paradigme d'apprentissage basé sur un raisonnement a contrario, qui s'inspire de la théorie de la perception, en particulier de la théorie de la Gestalt. Les méthodes a contrario nous permettent de dériver automatiquement un critère de décision en modélisant le fond à l'aide d'un modèle naïf et en détectant les objets comme étant trop structurés pour apparaître "par hasard" selon le modèle naïf. Concrètement, notre méthode [Ciocarlan2023] consiste à guider l'apprentissage du NN en incluant un critère a contrario dans la boucle d'apprentissage. Le module NFA (pour Number of False Alarms) associé améliore considérablement les performances de ces algorithmes et a montré une robustesse impressionnante envers le contexte frugal dans le cas de données monospectrales infrarouge.

L'objectif de la thèse portera en premier lieu sur l'adaptation de cette méthodologie pour des données temporelles et multispectrales. Cette extension soulève à la fois la question de l'évolution de l'architecture des réseaux mais aussi, du fait de la difficulté à disposer de grandes bases de données annotées, de l'apport des méthodes de pré-entraînement d'une partie du réseau sur des données non labélisées via une tâche prétexte (SSL - self supervised learning). L'enjeu sera de définir une tâche prétexte pertinente pour la détection de petits objets sur fonds texturés, en s'appuyant notamment sur les travaux à base de masked autoencoder [He2021] ou d'apprentissage contrastif intra-image [Zhao2021]. Pour l'aspect temporel, on pourra par exemple s'inspirer des méthodes qui proposent de coupler le réseau de détection avec des méthodes de pistage rapides comme celles à base de noyaux (kernelized correlation filter – KCF) [Fan2023].

Enfin, il est important lorsqu'on utilise des NN de contrôler l'incertitude associée à leur usage et d'être en mesure d'interpréter leurs prédictions. Le deuxième enjeu de la thèse portera donc à la fois sur l'explicabilité

des prédictions de détection et sur la quantification des incertitudes (UQ) associées. On envisagera notamment des approches ensemblistes et/ ou conformes pour l'aspect UQ [deGrancey2022][Andéol2023] et des approches à base d'indices de sensibilité pour l'explicabilité [Novello2022], qu'il faudra adapter à la problématique de la détection de cibles de petite taille en multispectral. Ces travaux se feront dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique LARTISSTE (<https://uq-at-paris-saclay.github.io/>).

La méthodologie sera appliquée sur une base de données simulées d'avions sur fond de ciel contenant plusieurs dizaines de milliers d'images dans différentes bandes spectrales infrarouge et sur des données multispectrales et/ou temporelles d'avions et de drones sur fond de ciel ou de véhicules sur fond de terre.

Bibliographie :

[Andéol2023] L.Andéol et al. « Conformal Prediction for Trustworthy Detection of Railway Signals”. 2023, hal-03946071

[Ciocarlan2023] A. Ciocarlan et al, “Deep-NFA: a Deep a contrario Framework for Small Object Detection”, arXiv: 2303.01363, 2023.

[deGrancey2022] F. de Grancey et al, “Object Detection with Probabilistic Guarantees: A Conformal Prediction Approach”, https://doi.org/10.1007/978-3-031-14862-0_23

[Fan2023] J. Fan et al, “IRSDT: A Framework for Infrared Small Target Tracking with Enhanced Detection”, Sensors 23, 4240, 2023.

[He2021] K. He et al, “Masked autoencoders are scalable vision learners,” arXiv: 2111.06377, 2021.

[Novello2022] P. Novello et al, “Making Sense of Dependence: Efficient Black-box Explanations Using Dependence Measure”, NeurIPS2022, <https://github.com/paulnovello/HSIC-Attribution-Method>

[Zhao2021] Y. Zhao et al., "Self-supervised visual representations learning by contrastive mask prediction." Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. 2021.

Collaborations envisagées : S. Le Hégarat (SATIE)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Département Optique et Techniques associées

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : Sidonie Lefebvre

Tél. : 01 80 38 63 76

sidonie.lefebvre@onera.fr

Email :

Directeur de thèse

Nom : Sylvie Le Hégarat

Laboratoire : SATIE

Tél. :

Email : Sylvie Le-hegarat <sylvie.le-hegarat@universite-paris-saclay.fr>

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>