



Royal Higher Institute for Defence

Defence-related Research Action - DEFRA

ACRONYME: AIDefSpace

Titre : Utilisation de l'intelligence artificielle pour défendre les systèmes de télécommunications et de positionnement par satellite contre les interférences des événements météorologiques spatiaux

Durée du projet: 01/12/2022 - 01/12/2026

Mots-clés: activité solaire, géomagnétique, ionosphère

Budget: 1.006.443€

dont contribution IRSD: 906.000€

DESCRIPTION DU PROJET

Les systèmes de communication et de positionnement peuvent être gravement perturbés par des événements météorologiques spatiaux. Les éruptions solaires et les perturbations de l'ionosphère peuvent produire d'intenses émissions radio qui perturbent le positionnement et la communication, peuvent provoquer des anomalies satellitaires, une dégradation du radar au-dessus de l'horizon et la perte des communications HF. L'état de l'art dans la prédiction de ces processus est fortement limité par la disponibilité des données. La prévision des éruptions solaires est particulièrement difficile, mais les prévisions des perturbations ionosphériques et leur impact doivent également être améliorées pour des prévisions opérationnelles fiables.

Nous prévoyons de répondre aux besoins immédiats de la défense nationale en matière de protection des actifs terrestres et spatiaux en utilisant les dernières avancées de l'intelligence artificielle. Nous nous concentrons sur la prévision actuelle et prévisionnelle des trois éléments qui peuvent influencer directement la propagation des signaux électromagnétiques critiques : l'état global du géomagnétisme, l'état global de l'ionosphère et l'état énergétique solaire. Dans ce projet, nous exploiterons les bases de données ouvertes existantes de mesures au sol et spatiales de ces trois systèmes. Ces données seront utilisées pour effectuer des corrections sur les modèles standards existants afin de prendre en compte les variations non standards dues à l'activité solaire.

Nous proposons trois grands axes d'investigation utilisant l'apprentissage automatique (ou Machine Learning, ML). Tout d'abord, la création d'un modèle numérique de l'état géomagnétique global complet qui considère l'activité solaire et héliosphérique. Deuxièmement, la création d'un modèle global des conditions actuelles (et du futur proche) du plasma ionosphérique, y compris des paramètres critiques tels que le contenu électronique total (ou Total electron content, TEC), l'altitude de la couche F et la fréquence de réflexion maximale. Troisièmement, le développement d'un rapport automatique de la probabilité d'activité d'éruption solaire pour les prochaines 24 heures.

La méthodologie de l'AIDefSpace est articulée en six phases : 1) Collecte de données, 2) Compilation de modèles empiriques, 3) Analyse des données à l'aide de techniques de ML, 4) Intégration de modèles empiriques, 5) Développement et formation des modèles ML, 6) Intégration complète du logiciel. Pour atteindre ces objectifs, nous sélectionnons les meilleures architectures ML pour chacun des trois modèles proposés (géomagnétique, ionosphérique, activité solaire).

AIDefSpace forme la triple hélice requise avec les 3 entités nécessaires avec une institution de recherche publique coordinatrice (KULeuven) et une entreprise privée comme partenaire (SpaceApps) en étroite collaboration avec des entités gouvernementales du secteur de la défense et du pôle spatial Belspo. Un comité de pilotage sera mis en place par notre projet avec la participation des trois entités. Le partenariat est bien équilibré car il réunit l'une des institutions publiques les plus établies (KU Leuven) active dans la recherche sur la météo spatiale avec la société leader en Belgique spécialisée dans la météo spatiale (SpaceApps).

AIDefSpace atteindra trois grands objectifs de recherche :

1. Développement d'une prévision automatique de la probabilité d'activité d'éruption solaire pour les prochaines 24 heures. Cette activité aura un impact sur : le déclin de l'orbite des satellites ; les erreurs de géolocalisation ; les interférences radio et radar ; les interférences de fréquence ; les panne radio haute fréquence et les interférences de communication par satellite.
2. Création d'un modèle numérique de l'état géomagnétique global complet prenant en compte l'activité solaire et héliosphérique. Cette activité aura un impact sur : les erreurs de géolocalisation ; les erreurs de suivis de trajectoire spatiale, les interférences radar, les anomalies de propagation radio, chargement et traînée des engins spatiaux ; les défaillances du réseau électrique.
3. Création d'un modèle global des conditions actuelles (et du futur proche) du plasma ionosphérique, comprenant des paramètres critiques tels que le contenu électronique total (TEC), l'altitude de la couche F et la fréquence de réflexion maximale. Cette activité aura un impact sur : la dégradation des communications par satellite et les erreurs de positionnement GPS, la navigation et la synchronisation.

Ces trois outils fourniront aux utilisateurs finaux des prévisions précises sur l'ensemble des processus météorologiques spatiaux qui affectent les communications. Les résultats de nos travaux pourront s'intégrer aux pratiques opérationnelles de planification et d'exécution des activités reposant sur le positionnement et les communications. La proposition identifie des exemples d'un tel besoin à partir de problèmes opérationnels passés causés par la météo spatiale.

Le résultat attendu de notre projet sera composé des modèles d'apprentissage ML intégrés dans une plateforme logicielle ainsi que des articles évalués par des pairs décrivant la méthodologie utilisée.

COORDONNÉES

Coordinateur

Stefaan Poedts

KULeuven, Departement Wiskunde

stefaan.poedts@kuleuven.be

Partenaires

Matthieu Melcot

Space Applications Services NV/SA

matthieu.melcot@spaceapplications.com

LIEN(S) DU PROJET

<https://research.kuleuven.be/portal/en/project/3E230105>

<https://www.facebook.com/people/AIDefSpace/100089230120904/>