
Prédiction des propriétés spectrales du sol forestier à partir de capteurs LiDAR et RSO dans les forêts tempérées et boréales

Audrey Mercier^{*1}, Mari Myllymäki², Aarne Hovi¹, Daniel Schraik^{1,2}, and Miina Rautiainen¹

¹School of Engineering, Aalto University, Espoo, Finland – Finlande

²Natural Resources Institute Finland (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, Finland – Finlande

Résumé

Introduction

La végétation des sols joue un rôle essentiel dans les écosystèmes forestiers. La télédétection est un outil précieux pour caractériser et surveiller le sol forestier à grande échelle. Bien que des données optiques passives aéroportées et satellitaires aient été utilisées pour cartographier les propriétés spectrales du sol dans les forêts boréales, ces capteurs sont limités par la couverture nuageuse fréquente dans les zones de haute latitude. Les données LiDAR et radar à synthèse d'ouverture (RSO) dépendent moins des conditions d'illumination et fournissent des informations sur la structure du couvert végétal. L'extraction des caractéristiques des sols forestiers à partir de données de télédétection active reste inexplorée, malgré les interconnexions écologiques déjà signalées entre les caractéristiques des sols forestiers, la disponibilité en lumière au sol et la structure des forêts. Compte tenu des liens entre les propriétés spectrales du sol forestier et la structure forestière, telles que la disponibilité de la lumière au sol et la couverture de la canopée, nous avons étudié le potentiel des capteurs de télédétection active pour prédire les propriétés spectrales du sol forestier.

Méthodologie

Cette étude est basée sur un ensemble de données unique couplant des spectres de réflectance des sols forestiers (mesurés entre 350 et 2500 nm avec un spectromètre ASD FieldSpec4), du LiDAR aéroporté (ALS), du LiDAR terrestre (TLS) et des données RSO Sentinel-1 acquises dans 37 peuplements situés dans des forêts tempérées, hémiboréales et boréales en Finlande, République tchèque et Estonie. La première partie exploratoire s'intéressait aux questions suivantes : Quelles métriques de structure forestière sont liées aux propriétés spectrales du sol forestier ? Nous nous sommes concentrés sur les 12 bandes spectrales du satellite Sentinel-2 et avons analysé leurs relations avec des métriques de structure forestière dérivées des capteurs TLS, ALS et RSO au moyen de modèles linéaires à effets mixtes. Ensuite, la partie prédictive s'est concentrée sur : Quel est le potentiel 1) des données TLS, 2) des données ALS, 3) des données satellite RSO, et 4) de ces sources de données combinées pour prédire les propriétés spectrales du sol forestier ? Nous avons prédit le spectre complet du sol forestier entre 350 et 2500 nm à partir de chaque configuration d'ensemble de données en utilisant des modèles mixtes linéaires avec un effet de site aléatoire et une régularisation LASSO. Nous

*Intervenant

avons testé les modèles prédictifs à l'aide d'une validation hors échantillon (c'est-à-dire des ensembles d'apprentissage, de validation et de test distincts).

Résultats

Nous avons mis en évidence pour la première fois le potentiel prometteur des technologies de télédétection active pour prédire les facteurs de réflectance du sol forestier dans la lisière rouge, le proche-infrarouge et l'infrarouge à ondes courtes. Nos analyses ont révélé que l'indice d'agrégation (i.e. un paramètre de structure relatif à la distribution spatiale des feuilles dans la canopée) dérivé du TLS et le coefficient de rétrodiffusion VV dérivé du RSO étaient significativement liés aux propriétés spectrales du sol forestier à certaines longueurs d'onde. En revanche, les métriques de hauteur (moyenne et écart-type) dérivées des capteurs TLS et ALS n'étaient pas liées aux propriétés spectrales du sol forestier. Le meilleur modèle prédictif sur l'ensemble du spectre de réflectance du sol forestier a été obtenu en combinant les métriques de structure forestière provenant des trois capteurs TLS, ALS et RSO. Lorsque les capteurs ont été examinés un par un, le RSO seul avait le potentiel le plus élevé pour les bandes proche-infrarouges, atteignant des performances similaires à celles de la combinaison des données TLS, ALS et RSO. Le TLS seul était plus approprié que l'ALS et le RSO seuls pour prédire les facteurs de réflectances dans les bandes infrarouge à ondes courtes entre 1504 et 1781 nm, tandis que le RSO et le TLS produisaient tous deux les meilleurs résultats pour les longueurs d'onde entre 2094 et 2316 nm.

Perspectives

Les données hyperspectrales fournissent des informations détaillées sur les caractéristiques de la végétation au sol. Par conséquent, l'estimation des facteurs de réflectance au sol à grande échelle pourrait aider à améliorer la cartographie et le suivi des écosystèmes forestiers, et être directement utilisée en tant que données d'entrée dans les modèles climatiques et de surface terrestre. À l'avenir, la précision des prévisions de réflectance des sols forestiers pourrait bénéficier d'une synergie entre les technologies passives et actives.