

Introduction to Special Issue on Remote Sensing for Advanced Forest Inventory

Information needs associated with sustainable forest management are evolving rapidly as the forest sector works to satisfy an increasingly complex set of economic, environmental, and social policy goals. A barrier to the sustainable management of forests and the provision of ecosystem goods and services under these new pressures is a lack of up-to-date and detailed information with regard to the number and characteristics of forest resources. Accurate inventory systems are required that spatially quantify timber and other nontimber goods and services at multiple scales in order to inform operations and strategic planning and improve modeling of forested ecosystems. Future management objectives are likely to include carbon sequestration and biodiversity monitoring and improved fuel characterization across fire-prone forests; remote sensing data will supply critical, synoptic information requirements for informed decisions. Advanced remote sensing technologies such as light detection and ranging (LiDAR), digital stereo photogrammetry, infrared thermography, and multispectral satellite imagery help meet information needs at multiple scales.

In this special issue, we have assembled a diverse collection of papers that represent a broad range of spatial scales of inquiry, from 3 m² micro plots to characterize fine-scale plant diversity and fuel structure (Bright et al. this issue; Rowell et al. this issue) to the entire Australian continent to estimate canopy height (Mahoney et al. this issue). This breadth in spatial scales is matched by a similarly wide scope in terms of applications, ranging from spatial plant-fire dynamics in the southeastern United States (O'Brien et al. this issue), to tree species mapping in northern Canada (van der Sluijs et al. this issue). The implementation of infrared cameras has advanced fire effects research, where O'Brien et al. (this issue) determine that micro hot spots created by fine-scale woody fuels drive mortality patterns in ground cover plant communities in a longleaf pine (*Pinus palustris* Mill.) ecosystem. For improving forest inventories in large remote areas, van der Sluijs et al. (this issue) explore the potential of spectral mixture modeling for deriving tree species to support forest inventories in northern forests of Canada. Two other studies based in Canada focus on the use of LiDAR to support and inform land cover classification in wetlands (Chasmer et al. this issue) and forested environments (Hopkinson et al. this issue).

Some of the studies presented focus on applications directly related to forest inventory, with many focusing on individual tree characteristics such as crown width (Liu and Wu this issue), the development of height-volume relationships using LiDAR

(Tinkham et al. this issue), and the imputation of tree attributes derived from a combination of LiDAR and ground measurements (Silva et al. this issue).

These and many other recent advances in remote sensing for improved forest inventory continue to relate to improved vegetation structure characterization using airborne and terrestrial LiDAR and very high spatial-resolution optical imagery, as thoroughly reviewed by White et al. in this issue.

Novel advancements also have been made, not just in remote sensing but also in modeling, using remotely sensed data. Ørka et al. (this issue) explore the potential of airborne LiDAR and an area-based modeling approach for characterizing regeneration in forests, which is typically a challenge yet critical for understanding long-term forest dynamics that support monitoring programs. Deo et al. (this issue) predict volume using the area-based approach to explore how the use of variable-radius plots instead of fixed-radius plots affects the accuracy of LiDAR-based forest inventory. Hayashi et al. (this issue) also use the area-based approach to predict total volume from LiDAR but at varying resolutions in order to quantify how the mapped cell size of the predictions affects stand-level estimation accuracy.

Hudak et al. (this issue) apply the area-based approach to low density airborne LiDAR to predict tree density and basal area across a large landscape, using imputation such that managers are also provided with maps of surface fuel structure and plant diversity, as characterized by Bright et al. (this issue) at much finer scales from close-range digital photogrammetry. Rowell et al. (this issue) takes this one step further by designing 3D virtual surface fuels from these same nadir photographs, linked to individual fuel type biomass. These 3 articles as well as the Silva et al. (this issue) and O'Brien et al. (this issue) articles focus on longleaf pine ecosystems maintained by and managed with frequent fire. Considered together, they demonstrate the tremendous breadth of information remote sensing can provide at multiple scales, not just for characterizing vegetation structure but also ecological processes. All of these studies in this special issue demonstrate the utility of a variety of remote sensing technologies to supply ever-growing information needs in support of sustainable forest management.

**Guest Editors: Andrew T. Hudak¹,
E. Louise Loudermilk², and Joanne C.
White³**

¹United States Forest Service, Moscow, Idaho, USA

²United States Forest Service, Athens, Georgia, USA

³Canadian Forest Service, Victoria, BC, Canada

La télédétection pour l'information forestière avancée

Les besoins en information associée à la gestion durable des forêts évoluent rapidement alors que le secteur forestier s'efforce de satisfaire un ensemble de plus en plus complexe d'objectifs de politique économique, environnementale et sociale. Le manque d'information détaillée et à jour concernant la quantité et les caractéristiques des ressources forestières est une barrière à la gestion durable des forêts et à la fourniture de biens et de services écosystémiques sous ces nouvelles pressions. Ceci demande des systèmes d'inventaires précis permettant de quantifier spatialement le bois ainsi que d'autres biens et services à des échelles multiples, afin d'informer les opérations et la planification stratégique, et d'améliorer la modélisation des écosystèmes forestiers. À l'avenir, les objectifs de gestion sont susceptibles d'inclure la séquestration du carbone, le suivi de la biodiversité ainsi qu'une meilleure caractérisation des risques d'incendie dans les forêts sujettes. Ainsi, les données de télédétection fourniront les informations essentielles et synoptiques nécessaires pour des décisions éclairées. Les technologies de télédétection avancées telles que le LiDAR, la stéréo-photogrammétrie numérique, la thermographie infrarouge et l'imagerie satellitaire multispectrale aident à répondre aux besoins d'information à diverses échelles.

Dans ce numéro spécial, nous avons réuni un ensemble divers d'articles représentant un large éventail d'échelles spatiales, de la micro-parcelle de 3 m² utilisée pour caractériser la diversité végétale et la structure des combustibles à fine échelle (Bright et collab. et Rowell et collab.) jusqu'à l'ensemble du continent australien pour estimer la hauteur de la canopée (Mahoney et collab.). Cette diversité d'échelles spatiales est accompagnée d'un ensemble tout aussi étendu en termes d'applications, allant de la dynamique plantes-feux dans le sud-est des États-Unis (O'Brien et collab.) à la cartographie des espèces d'arbres dans le Nord canadien (van der Sluijs et collab.). La mise en œuvre de caméras infrarouges a fait progresser les recherches sur les effets du feu, comme l'ont démontré O'Brien et collab. en révélant que les micro points chauds créés par les combustibles ligneux à fine échelle sont à la base des distributions de mortalité des communautés de plantes couvre-sol dans un écosystème de pin des marais (*Pinus palustris* Mill.). Pour améliorer les inventaires forestiers dans les grandes régions éloignées, van der Sluijs et collab. explorent le potentiel de la modélisation des spectres mixtes pour dériver des espèces d'arbres afin d'aider les inventaires forestiers dans les forêts du nord du Canada. Deux autres études basées au Canada se concentrent sur l'utilisation du LiDAR pour soutenir et informer la classification de la couverture terrestre dans les zones humides

(Chasmer et collab.) et les environnements forestiers (Hopkinson et collab.).

Certaines des études présentées se concentrent sur les applications directement liées à l'inventaire forestier, et plusieurs mettent en évidence les caractéristiques à l'échelle de l'arbre telles que la largeur de la couronne de l'arbre (Liu et Wu), le développement des relations hauteur-volume en utilisant le LiDAR (Tinkham et collab.) ou une évaluation des attributs des arbres dérivée d'une combinaison de mesures provenant du LiDAR et du terrain (Silva et collab.). Celles-ci et de nombreuses autres avancées récentes en télédétection appliquée à l'amélioration de l'inventaire forestier sont liées à l'amélioration de la caractérisation de la structure de la végétation par LiDAR aéroporté et terrestre et par imagerie optique à très haute résolution spatiale, qui ont été examinées minutieusement par White et collab.

Des progrès ont également été réalisés non seulement en matière de télédétection, mais aussi en modélisation à l'aide de données de télédétection. Ørka et collab. explorent le potentiel du LiDAR aéroporté et d'une approche de modélisation surfacique pour caractériser la régénération dans les forêts, ce qui en soit est un défi, mais tout aussi critique pour la compréhension de la dynamique des forêts à long terme dans les programmes de surveillance. Deo et collab. estiment le volume en utilisant l'approche surfacique pour explorer comment l'utilisation de placettes à rayon variable au lieu de placettes à rayon fixe affecte la précision de l'inventaire forestier à l'aide du LiDAR. Hayashi et collab. utilisent également l'approche surfacique pour prédire le volume total à partir du LiDAR, mais à des résolutions variables afin de quantifier comment la taille des cellules des prédictions affecte la précision de l'estimation au niveau du peuplement.

Hudak et collab. appliquent l'approche surfacique au LiDAR aéroporté à faible densité pour prédire la densité des arbres et la surface terrière sur un grand territoire en utilisant l'imputation de telle sorte que les gestionnaires reçoivent également des cartes de la structure du combustible à la surface ainsi que de la diversité des plantes, comme décrit par Bright et collab. à des échelles beaucoup plus fines à partir de la photogrammétrie numérique à courte distance. Rowell et collab. vont plus loin en concevant des couches de combustibles en trois dimensions à partir de cette même imagerie au nadir pour différents types et masses de combustibles. Ces trois articles, ainsi que les articles de Silva et collab. et d'O'Brien et collab., portent sur les écosystèmes de pin des marais entretenus et gérés par des feux fréquents. Ensemble, ils démontrent l'immense portée

que l'information par télédétection peut fournir à des échelles multiples, non seulement pour caractériser la structure de la végétation, mais aussi les processus écologiques. Toutes ces recherches démontrent l'utilité d'une variété de technologies de télédétection pour répondre aux besoins en information en constante croissance pour l'appui de la gestion durable des forêts.

Rédacteurs invités

**Andrew T. Hudak¹, et E. Louise
Loudermilk², et Joanne C. White³**

¹*United States Forest Service, Moscow, Idaho, États-Unis*

²*United States Forest Service, Athens, Georgia, États-Unis*

³*Canadian Forest Service, Victoria, C.-B., Canada*