

**RISE***Infrastruttura Strategica della Ricerca*
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO

Analisi di immagini satellitari Copernicus per il monitoraggio delle foreste



Per informazioni rivolgersi alle responsabili scientifiche:

Prof.ssa Annalisa Appice
Dr. Giuseppina Andresini
annalisa.appice@uniba.it
giuseppina.andresini@uniba.it

Polo Scientifico Tecnologico
Dipartimento di Informatica
Via Orabona 4, 70125 (BA)

ENG: Europe is one of the most forest-rich regions in the world, with forestry mainly based on the management of coniferous trees. However, the spruce forest ecosystem is vulnerable to several disturbance agents. Bark beetle outbreaks have been the scourge of spruce trees in the last decade, and they are expected to further intensify due to climate change, with significant adverse effects on forest ecosystems. Hence, the monitoring of forest disturbances caused by the rapidly escalating bark beetle outbreaks represents a significant ecological and forestry challenge. This monitoring is traditionally performed by foresters during field surveys.

Within the EU Project SWIFTT (Satellite for Wilderness Inspection and Forest Threat Tracking) GA 101082732, the University of Bari Aldo Moro has developed an integrated service leveraging powerful Deep Learning (DL) models to automate large-scale assessment of bark beetle damages in Copernicus satellite images. The service processes Sentinel-2 images [Andresini et al. 2024a], pairs of Sentinel-1 and Sentinel-2 images [Andresini et al. 2024b] and Sentinel 2 image timeseries [Recchia

et al., 2026] of forest areas with the supervision of bark beetle outbreak maps, in order to develop AI-powered semantic segmentation models to automate the damage mapping in new areas. Satellite data are downloaded with Google Earth engine APIs and prepared for DL processed within a Data-Centric AI pipeline. Methodological components of the services include: UNet architectures, Self-distillation and Attention mechanism, Deep neural fusion schema, Earth Foundation Models, Parameter-Efficient Fine Tuning to leverage spectral, spatial and temporal data correlation, as well as handle data imbalance and label scarcity.

Semantic segmentation models obtained with the developed service provide tools for foresters to automate the survey of bark beetle outbreaks in unseen forest areas by reducing the foresters' workload for continuous forest monitoring. The demo code of the service is free available on Github:

<https://github.com/gsndr/DIAMANTE>

<https://github.com/gsndr/TITANIA>

<https://github.com/s4rgax/ULISSE>

ITA: L'Europa è una delle aree più ricche di foreste al mondo, con una predominanza delle conifere. Tuttavia, l'ecosistema delle conifere è vulnerabile a diversi fattori di disturbo. In particolare, nell'ultimo decennio le infestazioni di bostrico hanno rappresentato una grave minaccia per gli abeti rossi, e si prevede che tali infestazioni si intensificheranno ulteriormente a causa del cambiamento climatico, con ripercussioni negative significative sugli ecosistemi forestali. Di conseguenza, il monitoraggio dei disturbi forestali causati dalla rapida diffusione di queste infestazioni costituisce un'importante sfida ecologica. Tradizionalmente, tale monitoraggio viene effettuato dagli operatori forestali tramite rilievi in campo.

Nell'ambito del progetto UE SWIFTT (Satellite for Wilderness Inspection and Forest Threat Tracking, GA 101082732), l'Università degli Studi di Bari Aldo Moro ha sviluppato un servizio integrato che utilizza potenti modelli di Deep Learning (DL) per automatizzare la identificazione su larga scala di aree forestali infestate dal bostrico tramite l'analisi di immagini satellitari Copernicus. Il servizio elabora immagini Sentinel-2 [Andresini et al. 2024a], coppie di immagini Sentinel-1 e Sentinel-2 [Andresini et al. 2024b] e serie temporali di immagini Sentinel-2 [Recchia et al., 2026] relative ad aree forestali, avvalendosi di mappe di riferimento delle infestazioni per la supervisione della fase di apprendimento. L'obiettivo è apprendere modelli di segmentazione semantica basati sull'IA da impiegare nella automatizzazione della mappatura delle infestazioni che si manifestino in nuove aree

forestali. I dati satellitari vengono acquisiti tramite le API di Google Earth Engine e preparati per l'elaborazione con gli strumenti di DL all'interno di una pipeline di "Data-Centric AI". Le componenti metodologiche del servizio includono: architetture UNet, meccanismi di auto-distillazione e di attenzione, schemi di fusione neurale profonda, modelli neurali fondazionali per l'osservazione della Terra (Earth Foundation Models) e tecniche di fine-tuning efficiente nei parametri (Parameter-Efficient Fine Tuning), al fine di completare la fase di apprendimento elaborando le correlazioni spettrali, spaziali e temporali dei dati, nonché gestendo lo sbilanciamento e scarsità di etichette utili per la fase di supervisione.

I modelli di segmentazione semantica ottenuti tramite il servizio sviluppato forniscono strumenti di supporto ai forestali per la mappatura delle infestazioni di bostrico in aree forestali non ancora analizzate, riducendo così il carico di lavoro degli operatori forestali impegnati nel monitoraggio continuo delle foreste. Il codice dimostrativo del servizio è disponibile gratuitamente su GitHub ai seguenti indirizzi:

<https://github.com/gsndr/DIAMANTE>

<https://github.com/gsndr/TITANIA>

<https://github.com/s4rgax/ULISSE>

References

- Giuseppina Andresini, Annalisa Appice, Donato Malerba (a): A Deep Semantic Segmentation Approach to Map Forest Tree Dieback in Sentinel-2 Data. IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote. Sens. 17: 17075-17086 (2024), doi:10.1109/JSTARS.2024.3460981
- Giuseppina Andresini, Annalisa Appice, Dino Ienco, Vito Recchia (b): DIAMANTE: A data-centric semantic segmentation approach to map tree dieback induced by bark beetle infestations via satellite images. J. Intell. Inf. Syst. 62(6): 1531-1558 (2024), doi:10.1007/S10844-024-00877-6
- Vito Recchia, Giuseppina Andresini, Annalisa Appice, Dino Ienco, Giuseppe Fiameni, Donato Malerba: ULISSE: Parameter-efficient adaptation of Earth vision models to monitor forest disturbance in sentinel-2 time series. Ecol. Informatics 94: 103668 (2026), doi:10.1016/J.ECOINF.2026.103668