



Foto: Marco Pellegrini

Early warning

Potenzialità e limiti del telerilevamento per il monitoraggio del bostrico in ambiente alpino

di Francesca Giannetti

Al giorno d'oggi il telerilevamento è considerato il modo più efficiente per mappare i disturbi forestali. I dati telerilevati acquisiti da Laser Scanner Aereo, dati Radar e soprattutto immagini satellitari multispettrali a media e alta risoluzione, presentano enormi potenzialità anche nell'identificazione precoce delle infestazioni da insetti. In questo contributo vengono presentate alcune delle più recenti metodologie sviluppate, mettendo in evidenza i limiti e le potenzialità della loro applicazione nel monitoraggio del bostrico in ambiente alpino.

Negli ultimi anni il telerilevamento forestale ha subito un cambio di paradigma: si è passati dall'analisi di singoli dati, ad esempio singole immagini telerilevate, all'analisi di *big-data* (serie storiche di immagini telerilevate). Questa rivoluzione ha portato allo **sviluppo di nuovi algoritmi e metodologie in grado di analizzare e segmentare serie storiche costituite da milioni di immagini** per la mappatura di diversi disturbi forestali. In particolare, i dati telerilevati multispettrali a media risoluzione si sono rivelati utili nella messa a punto di sistemi di *early warning* per il monitoraggio degli stress forestali. Diversi autori hanno infatti dimostrato che l'a-

nalisi basata sulle firme spettrali multitemporali, derivate da immagini di serie temporali satellitari (TS) che consentono di andare ad analizzare la fenologia dei soprassuoli forestali, possono essere più efficienti nella mappatura dei disturbi forestali e dei cambiamenti interannuali rispetto agli approcci bi-temporali più tradizionali (BANSKOTA *et al.* 2014). Per questo motivo sono state sviluppate diverse applicazioni utili a mappare i cambiamenti forestali utilizzando serie storiche derivanti da satelliti ottici multispettrali come Landsat (30 m risoluzione), MODIS (250 m risoluzione) e Sentinel-2 (10-20 m risoluzione). Questo è stato possibile soprattutto

grazie al recente sviluppo di piattaforme di *cloud computing* come Google Earth Engine (GEE) che consentono l'accesso a un catalogo completo di dati e una grande potenza di calcolo in grado di sostenere elaborazioni storiche anche a livello globale.

Una nuova generazione di algoritmi

All'interno della vasta gamma di algoritmi sviluppati per mappare i cambiamenti utilizzando come *input* serie storiche di immagini satellitari multispettrali, i più efficaci nel creare sistemi di *early warning* per l'analisi di danni provocati da insetti risultano essere quelli in grado di rilevare i cambiamenti interannuali (Continuous Change Detection Algorithm - CCDA). Questi algoritmi,

Parole chiave

Telerilevamento, Early Warning, monitoraggio, algoritmo, immagine satellitare

suddividendo le serie temporali in tre componenti adattative (*trend*, *seasonal* e *reminder*) per ogni anno investigato, **riescono a mappare in continuo la fenologia dei soprassuoli forestali ed individuare cambiamenti sulla base dell'analisi della traiettoria spettrale.**

Alcuni degli approcci CCDA più promettenti da una analisi in letteratura risultano essere il Continuous Change Detection and Classification (CCDC) (ZHU e WOODCOCK 2014), l'Exponentially Weighted Moving Average Change Detection (EWMACD) (BROOKS *et al.* 2017) e lo stimatore bayesiano di cambiamenti improvvisi, cambiamenti stagionali e tendenze (BEAST) (LAMBERT *et al.* 2013). Questi algoritmi e metodi di analisi sono già stati applicati con successo in altri sistemi forestali per monitorare i processi di declino forestale, i cambiamenti nella crescita della vegetazione, i cambiamenti fenologici stagionali delle foreste, le dinamiche spazio-temporali delle foreste e i danni della tempesta Vaia. **Tuttavia, per poter applicare tali metodi è necessario avere a disposizione almeno un'immagine telerilevata "pulita" al mese.**

In ambiente alpino, dove si stanno verificando le infestazioni da bostrico, nonostante la grande disponibilità di immagini di satelliti Sentinel-2 (un'immagine ogni 5 giorni) e Landsat (una immagine ogni 15 giorni), la disponibilità di dati puliti senza nuvole è limitata. Basti pensare che nella zona di Predazzo/Moena, Val di Fiemme e Val di Fassa, nell'anno vegetativo 2021, non risulta possibile costruire un'immagine pulita della zona per i mesi di Luglio e Agosto, a causa della presenza costante di copertura nuvolosa. Alle problematiche estive si aggiungono anche le problematiche invernali principalmente dovute alla copertura nevosa e all'ombreggiamento dei versanti che provocano rumore nella serie e quindi difficoltà di analisi. Queste problematiche si ripercuotono sulla costruzione della serie storica utile alla mappatura del bostrico soprattutto in ottica *early warning*. Un recente articolo (ABDULLAH *et al.* 2019), dimostra inoltre che è possibile utilizzare anche una sola immagine per la mappatura precoce di attacco da bostrico. Lo studio, che ha preso in esame una foresta in Baviera (Germania), mette in evidenza come l'utilizzo combinato di serie di indici calcolati sulla base di un'immagine Sentinel-2 sia utile per mappare precocemente le zone di attacco di bostrico. Combinando indici di vegetazione calcolati sulla base della banda *re-ge* (NDRE) e gli indici correlati a stress idrici (SR-SWIR, NDWI, DSWI and LWCI) è infatti possibile discriminare zone di foresta infestate e zone dove non si riscontrano problemi.

Soluzioni a pagamento

Le problematiche relative alla mancanza di immagini "pulite" *open-access*, per la costruzione di sistemi *early warning*, possono essere superate ricorrendo a immagini a pagamento acquisite da nano-satelliti come Planet Scope, Worldview, Pleiades. Questi servizi mettono a disposizione immagini satellitari multispettrali ad alta risoluzione temporale e spaziale consentendo di trovare un numero maggiore di immagini senza copertura nuvolosa o con parziale copertura nuvolosa della zona di interesse. Un recente studio di FRANCINI *et al.* (2020) in appennino ha dimostrato che l'utilizzo di immagini Planet Scope, anche con parziale copertura nuvolosa, può essere utilizzato per mappare l'avanzamento delle operazioni di taglio nei cedui "real-time" grazie all'alta risoluzione temporale e spaziale delle immagini. Rispetto all'acquisizione di dati da aereo o sopralluoghi in campo, l'investimento richiesto per **un abbonamento ad un servizio di nano-satelliti per la visualizzazione e uso interno dei dati è dell'ordine dei 1.700,00 €, per una superficie di 550 km²**, che in un'ottica di monitoraggio dei danni e cantierizzazione precoce delle zone di infestazione potrebbe essere vantaggioso.

Identificazione precoce o mappatura dei danni?

Se invece l'obiettivo si sposta da *early warning* verso una mappatura annuale dei danni da bostrico, è possibile utilizzare algoritmi basati su serie storiche costituite da un'immagine multispettrale all'anno acquisita nel periodo vegetativo. Esistono attualmente diversi algoritmi di questo tipo, già testati anche per gli ambienti italiani nella mappatura dei disturbi forestali come pubblicato negli studi di FRANCINI *et al.* (2021), GIANNETTI *et al.* (2021), PULETTI e BASCIETTO (2019). Questi algoritmi, grazie a degli stimatori, consentono inoltre di estrarre non solo le mappe dei danni, ma anche gli errori associati alla stima, dato che risulta fondamentale quando a livello nazionale ed internazionale è richiesto di produrre stime dettagliate sui soprassuoli forestali, utili anche alla quantificazione del carbonio. In conclusione, si può sostenere che i sistemi *early warning* o sistemi annuali di monitoraggio degli impatti da bostrico, qualora le immagini siano disponibili (sia Sentinel-2 che immagini ad alta risoluzione) possono essere messi a punto grazie alla possibilità di creare firme spettrali multitemporali di indici di vegetazione. Si tratta di **sistemi in grado di evidenziare la presenza di nuclei di alberi in cui si osserva un rallentamento nell'attività fotosintetica**

ancor prima che questi risultino totalmente rossi o morti. Il telerilevamento, parallelamente all'utilizzo di trappole per il monitoraggio da bostrico, certamente essenziali per una più corretta analisi quantitativa delle popolazioni, può offrire la possibilità di analizzare speditivamente grandi aree e di identificare precocemente, sempre qualora le immagini fossero disponibili, gruppi di alberi deperenti.

BIBLIOGRAFIA

- ABDULLAH H., SKIDMORE A.K., DARVISHZADEH R., HEURICH M., 2019 - **Sentinel-2 accurately maps green-attack stage of European spruce bark beetle (*Ips typographus*, L.) compared with Landsat-8.** Remote Sens. Ecol. Conserv. 5, 87-106. <https://doi.org/10.1002/rse2.93>
- BANSKOTA A., KAYASTHA N., FALKOWSKI M., WULDER M.A., FROESE R., WHITE J.C., 2014 - **Forest monitoring using Landsat time-series data- A review.** Canadian Journal of Remote Sensing. Vol. 40, n. 5: 362-384. <https://doi.org/10.1080/07038992.2014.987376>
- BROOKS E.B., YANG Z., THOMAS V.A., WYNNIE R.H., 2017 - **Edyn: Dynamic signaling of changes to forests using exponentially weighted moving average charts.** Forests 8, 1-18. <https://doi.org/10.3390/f8090304>
- FRANCINI S., MICROBERTS R.E., GIANNETTI F., MARCHETTI M., SCARASCIA-MUGNOZZA G., CHIRICI G., 2021 - **The Three Indices Three Dimensions algorithm (3i3D): a new method for forest disturbance mapping and area estimation based on optical remotely sensed imagery.** Int. J. Remote Sens. <https://doi.org/10.1080/01431161.2021.1899334>
- FRANCINI S., MICROBERTS R.E., GIANNETTI F., MENCUCCI M., MARCHETTI M., SCARASCIA MUGNOZZA G., CHIRICI G., 2020 - **Near-real time forest change detection using PlanetScope imagery.** Eur. J. Remote Sens. 00, 1-12. <https://doi.org/10.1080/22797254.2020.1806734>
- GIANNETTI F., PECCHI M., TRAVAGLINI D., SAVERIO F., AMICO G.D., VANGI E., COCOZZA C., CHIRICI G., 2021 - **Estimating VAIA windstorm damaged forest area in Italy using time series Sentinel-2 imagery and continuous change detection algorithms.** Forests 2021, 12, 680. <https://doi.org/10.3390/f12060680>
- LAMBERT J., DRENOU C., DENUX J.P., BALENT G., CHERET V., 2013 - **Monitoring forest decline through remote sensing time series analysis.** GIScience Remote Sens. 50, 437-457. <https://doi.org/10.1080/15481603.2013.820070>
- PULETTI N., BASCIETTO M., 2019 - **Towards a tool for early detection and estimation of forest cuttings by remotely sensed data. Land 8.** <https://doi.org/10.3390/land8040058>
- ZHU Z., WOODCOCK C.E., 2014 - **Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data.** Remote Sensing of Environment 144, 152-171. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.01.011>

INFO AUTORI

Francesca Giannetti, DAGRI Università degli Studi di Firenze.
E-mail: francesca.giannetti@unifi.it