

Osservare i paesaggi stagionali dall'alto. Mappatura spazio-temporale del *foliage* nell'Appennino Lucano, mediante immagini satellitari multispettrali

Andrea Rolando, Alessandro Scandiffio, Mariavaleria Mininni

Abstract

Il processo di analisi, interpretazione e configurazione di un paesaggio si fonda su un duplice approccio conoscitivo: una visione dall'alto, che fornisce uno sguardo complessivo dei fenomeni in atto sulla superficie terrestre e una visione dal basso, incentrata sull'esperienza fisica dello spazio, che si avvale di forme di rappresentazione più aderenti alle vedute prospettiche. L'esperienza dei fenomeni naturali, come la fioritura o il foliage, si basa principalmente sull'approccio esperienziale al livello del suolo, ma necessita di sguardi più ampi per stabilire procedure di analisi per il progetto, supportati da rappresentazioni cartografiche che mostrano il punto di vista astratto del looking from above. La ricerca è stata applicata al caso studio delle faggete presenti nel Parco Nazionale dell'Appennino Lucano, Val d'Agri-Lagonegrese, dove è possibile osservare il fenomeno del foliage dei boschi con maggiore evidenza, grazie all'omogeneità di questi ambiti paesaggistici. La metodologia prevede l'utilizzo di tecniche di mappatura dinamica che, attraverso l'elaborazione di immagini satellitari multispettrali e il calcolo degli indici di vegetazione, consente di rappresentare le caratteristiche del fenomeno in una dimensione spazio-temporale. Queste forme di rappresentazione possono essere, da un lato di supporto ai decisori nella definizione di strategie di sviluppo territoriale nell'ambito del turismo sostenibile, e dall'altro possono essere integrate in applicativi e/o portali web per la fornitura di informazioni geolocalizzate al servizio degli attori del territorio e dei singoli utenti.

Parole chiave: mappatura, immagini satellitari multispettrali, foliage, paesaggi stagionali, GIS.

Il quadro metodologico di riferimento: mappatura dinamica di paesaggi mutevoli

Il processo di analisi, interpretazione e configurazione di un paesaggio si fonda in generale su un duplice approccio: una visione dall'alto, basata su uno sguardo analitico, da un punto di vista improprio, cartesiano, astratto e conforme ai principi geometrici della cartografia, espresso attraverso le proiezioni ortogonali delle carte; tale sguardo è complementare alla visione dal basso, condotta attraverso un approccio più esperienziale e percettivo, dove l'uomo, la vista e i sensi, nonché l'esperienza fisica dello spazio giocano un ruolo centrale e le rappresentazioni si avvalgono di forme più aderenti alle vedute prospettiche.

Quando il paesaggio oggetto dell'atto di osservazione e di analisi è caratterizzato da aspetti che cambiano nel corso

del tempo, come per alcuni paesaggi, i cui caratteri mutano in modo significativo e singolare rispetto alle stagioni, a maggior ragione, il processo di analisi non può essere condotto soltanto guardandolo dall'alto, ma diventa ancor più necessario un processo integrato e complementare, che si affina attraverso il movimento, attivando specifiche procedure di analisi basate su percorsi che attraversano e sezionano direttamente il paesaggio stesso, al livello del suolo. Occorre insomma adattare il processo di mappatura in modo doppiamente dinamico.

L'esperienza dei fenomeni naturali, come la fioritura o il cambiamento di colore delle foglie in autunno, si basa sull'approccio analitico esperienziale al livello del suolo, quello del *walking through*, che consente di apprezzare le

single componenti vegetali di un albero (foglie, fiori, frutti) al livello del terreno e di rappresentarle concettualmente e geometricamente come entità assimilabili ad un punto. Questa modalità di agire nello spazio è un'azione paesaggista, un modo in cui la percezione del paesaggio si fa atto conoscitivo ed emozionale [Mininni, Sabia 2020, p. 116].

Tuttavia, solo attraverso la pratica del movimento che attraversa uno spazio significativo è possibile apprezzare il fenomeno in modo adeguato, per poterlo meglio comprendere e governare, anche nella prospettiva di creare opportunità di valorizzazione territoriale, ad esempio in ambito turistico. Per questo motivo, al fine di stabilire procedure di analisi e di interpretazione e strategie di progetto, sono necessari sguardi più ampi, supportati da rappresentazioni cartografiche che mostrano il punto di vista astratto del *looking from above* e che si riferiscono alla superficie in termini geometrici, in grado di rendere visibili in modo accorpato ed omogeneo le ricorrenze dei singoli elementi, tanto da rendere il fenomeno significativo e apprezzabile nel modo migliore. In sintesi, merita sapere leggere quello che succede a livello del suolo, comprendendo con il giusto dettaglio cosa succede sulla pianta, sul fiore, sul frutto. Si devono allora definire in modo preciso tracce e percorsi che consentano di evidenziare come il fenomeno analizzato si manifesta, con il metodo del *transect* con rappresentazioni che tengono insieme la linea di un percorso (*trace*) e la registrazione dei

fenomeni (*track*) attraverso mappe e sezioni specifiche. In questo senso le *tracking technologies*, basate su sensori GPS, integrate con procedure che fanno anche uso di sensori al suolo, come per le tecniche di *precision farming*, possono fornire informazioni che alimentano il processo di costruzione delle mappe. Queste sono procedure derivate da ambiti diversi, legate alle pratiche di mappatura del territorio, finalizzate rispetto a molteplici comunità di utenti, ma merita tenere presente come sia importante saper leggere il fenomeno in una dimensione più ampia, al fine di poterlo governare alla scala territoriale, con gli strumenti specifici dell'urbanistica.

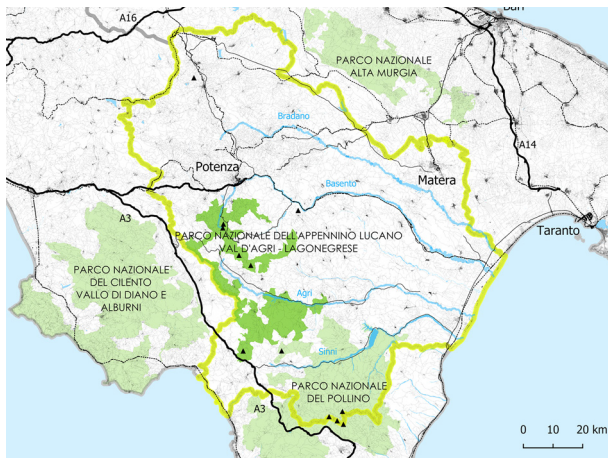
In questo senso, i fenomeni che caratterizzano i paesaggi produttivi, in particolare nella loro dimensione variabile e stagionale di interesse anche turistico [Rolando, Scandiffio 2022] come il *foliage*, il paesaggio delle risaie [Rolando, Scandiffio 2021; Scandiffio 2021b] o le fioriture richiedono una verifica basata sull'esperienza diretta, ossia un osservare "dal basso". Tuttavia, per comprendere appieno l'evoluzione di questi fenomeni, è altrettanto cruciale poter disporre di uno sguardo più allargato e astratto, che consenta di vedere l'intero quadro e l'evoluzione del fenomeno nel tempo. Questo approccio diventa particolarmente importante se si vuole tenere in considerazione una parametrizzazione del fenomeno rispetto al tempo, in modo da poter anticipare le aree in cui il fenomeno si manifesta in modo più evidente.

Occorre allora un approccio metodologico basato su un ciclo di analisi, interpretazione, individuazione delle soluzioni, affinamento sulla base di verifiche successive e ripetute dalla scala esperienziale diretta a quella analitica astratta e viceversa.

Il "luogo" che compendia il dettaglio percepibile a livello del terreno (quello del singolo elemento vegetale) e il paesaggio circostante è il percorso, dove punto e superficie si incontrano. In questo senso, le tecnologie di registrazione GPS dei percorsi e di rappresentazione GIS dei singoli elementi inseriti in ambienti cartografici, diventano quindi strumenti complementari per l'analisi e la progettazione.

Le rappresentazioni vettoriali dei percorsi possono essere ottenute in due modi differenti. Il primo metodo consiste nel raccogliere dati dal basso mediante registrazioni GPS e sfruttando l'esperienza diretta sul campo, allo scopo di definire un'area territoriale significativa. Il secondo metodo consiste invece nell'osservazione dall'alto, attraverso l'individuazione dei percorsi di attraversamento delle zone considerate rilevanti, sulla base di informazioni geografiche

Fig. 1. Localizzazione del Parco Nazionale dell'Appennino Lucano, Val d'Agri-Lagonegrese, nel sistema dei Parchi Nazionali del sud Italia (elaborazione grafica di Alessandro Scandiffio).



come quelle relative all'uso del suolo o interpretazioni satellitari.

Tuttavia, per ottenere una rappresentazione completa ed accurata del territorio, è necessario combinare entrambi gli approcci e affinare progressivamente l'interpretazione del territorio, integrando informazioni dal basso e dall'alto. In questo modo, si potranno individuare strategie di intervento efficaci e personalizzate per ogni specifica area.

Il discorso è articolato e interessa diversi ambiti disciplinari, cercando riferimenti scientifici che possono forse contribuire a vedere la questione in termini originali e in una prospettiva utile all'analisi e alle strategie di intervento e di valorizzazione dei paesaggi stagionali. È utile, in questo senso, il lavoro del biologo vegetale Stefano Mancuso, che afferma, anche riferendosi a Geddes, che le piante non sono semplici organismi passivi che si adattano all'ambiente, ma che sono anche in grado di percepire e comunicare con esso, interagendo con altri organismi e con il suolo, sulla base del principio della cooperazione, che è la forza principale che modella la vita: tanto nella natura quanto nelle città e nei paesaggi degli uomini [Mancuso 2020, pp. 45-69]. Questo sottolinea quanto sia importante che, quando si legge e si interpreta un paesaggio, si tengano anche in considerazione non solo gli aspetti visibili, ma anche le interazioni dinamiche tra le piante e il contesto circostante. In questo modo, si può comprendere meglio la complessità e la dinamicità del paesaggio e creare soluzioni progettuali *nature based*, che rispettino l'equilibrio naturale dell'ambiente.

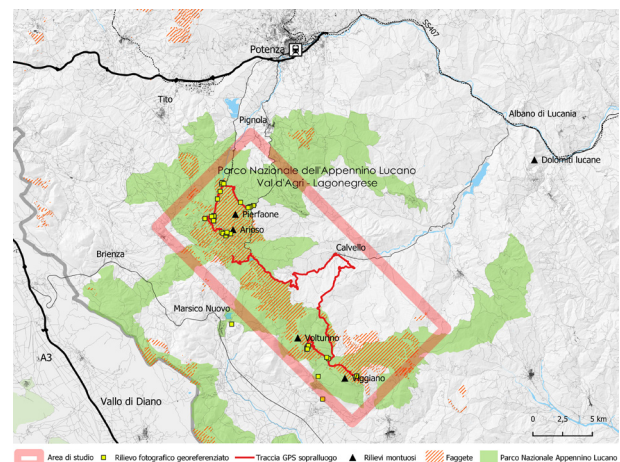
Il caso considerato esplicita in modo efficace il processo di mappatura della coloritura dovuta al fenomeno del *foliage* nelle faggete all'interno del Parco Nazionale dell'Appennino Lucano. Attraverso la mappatura degli elementi naturali che compongono il paesaggio e la loro interazione con i paesaggi produttivi, si sperimentano procedure di analisi e interpretazione che possono essere utili nelle azioni di regolazione, di tutela e conservazione o di strategie di progetto, ad esempio finalizzate alla valorizzazione dei territori in chiave turistica.

La stagionalità dei paesaggi nei processi di valorizzazione promossi dalla pianificazione paesaggistica

La costruzione delle conoscenze di un processo di pianificazione paesaggistica è operazione complessa perché coinvolge una mole di informazioni che riguarda le molteplici componenti che costituiscono l'assetto paesaggistico e

territoriale di una regione e della dimensione olistica che compete al paesaggio. Spesso la quantità di dati non è garanzia di costruzione di una conoscenza strategica, poiché ogni *frame* cognitivo, nei processi di supporto alla decisione, ha anche il compito di lavorare prima di tutto nella costruzione dell'*opinion making*, fortemente suggestionata dal modo in cui le conoscenze, *opinion setting*, sono presentate e problematizzate. Da questa affermazione ne deriva il carattere strutturale strategico di ogni processo di pianificazione, nel senso che da una parte si costruiscono le conoscenze che definiscono le invarianti territoriali come valori non negoziabili nell'ambito di una visione di tutela e salvaguardia dei beni paesaggistici, dall'altra di questi beni solo alcuni concorreranno alla costruzione strategica della tutela proattiva e quindi alla valorizzazione dei valori ritenuti fondamentali per una crescita dei territori e delle persone che li abitano. Atlante del paesaggio o ancor meglio Atlante del patrimonio sono i modi evocativi per indicare la dimensione identitaria e patrimonializzata di tutti quei valori selezionati sulla base di una precisa cultura territoriale dagli estensori del processo istruttorio dell'azione pianificatoria che, a sua volta, interpreta il senso della politica che lo governa, supportandone le scelte, oltre l'arbitrarietà. Maggiore complessità aggiunge all'azione paesaggista la necessità di integrare i patrimoni materiali con la dimensione

Fig. 2. Individuazione dell'area oggetto di studio, con evidenza delle faggete, delle tracce GPS con il rilievo fotografico georeferenziato del 16 ottobre 2022 (elaborazione grafica di Alessandro Scandiffio).



immateriale dei patrimoni per l'importanza crescente di questi valori. Tuttavia, essi non sono facilmente rilevabili con gli strumenti tradizionali poiché richiedono modalità innovative, metodi creativi che vanno tarati e convalidati ogni volta per poter supportare gli indirizzi e i regolamenti a cui si affida la pianificazione. La percezione in particolare, spesso interpretata come visibilità del paesaggio, attiene invece ad un processo ricognitivo ben più complesso che coinvolge la conoscenza custodita dalle comunità dei saperi, il valore delle tradizioni e dei riti che si rigenerano e la maniera in cui si tramandano aggiornandosi alla dimensione del presente perché mettano radici nella contemporaneità. La componente percettiva in chiave antropo-etnografica è stata una delle strategie costruite nell'ambito dell'Accordo di studio svolto tra un gruppo di ricercatori dell'Università della Basilicata e la Regione Basilicata, dipartimento di Ambiente territorio ed energia ai fini della redazione

dell'*Atlante del paesaggio* finalizzato alla istituzione del Piano Paesaggistico Regionale. La dimensione patrimoniale del valore dei paesaggi ha richiesto la ricognizione dei paesaggi culturali affidando la loro rappresentazione alla combinazione tra luoghi, rappresentazione simbolica e stagionalità dei rituali. La necessità di rappresentare la nozione del tempo a cui sono legati i rituali delle festività contadine ha aperto una riflessione critica sul valore della dimensione del cibo come marcatore culturale dei paesaggi produttivi. Come rappresentare un bosco di latifoglie che trascola dalla dimensione del verde intenso della primavera alla lenta trasformazione nella veste autunnale che conferisce un aspetto che prelude alla caduta delle foglie? Come la fruttificazione dei coltivi arborati configura densità semantica paesaggistica alla fioritura e fruttificazione? Si tratta dunque di riconoscere ai paesaggi la dimensione temporale come valore transitorio della percezione, integrando

Fig. 3. Rilievo fotografico georeferenziato relativo al sopralluogo nell'area del Monte Arioso (PZ). Data 16 ottobre 2022 (rilievo fotografico di Alessandro Scandiffio).



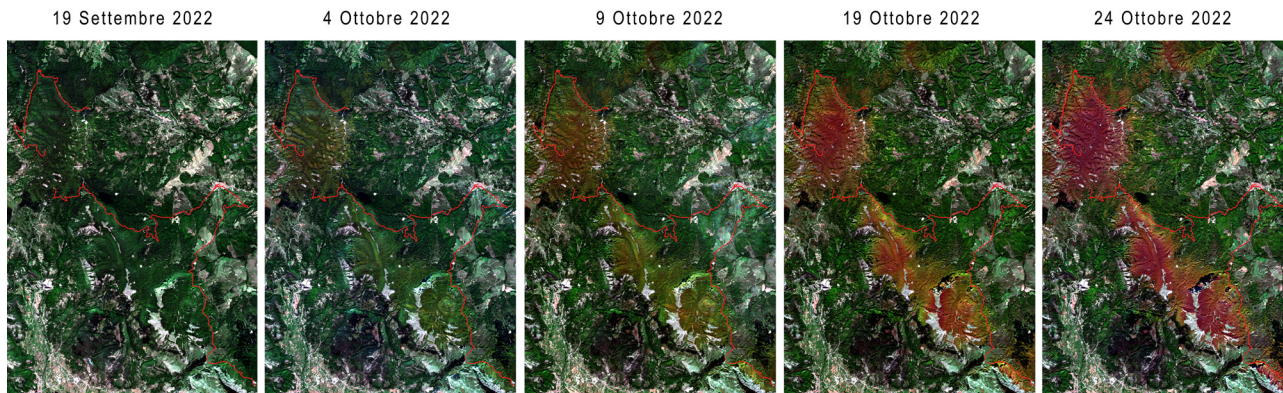
l'aspetto visivo alle diverse modalità di valorizzazione, attraverso la scelta della stagione opportuna per degustare un cibo, per passeggiare in un bosco, per partecipare a processioni o eventi della comunità.

Area di studio: le faggete nel Parco Nazionale dell'Appennino Lucano

La ricerca è stata applicata al caso studio delle faggete presenti nel Parco Nazionale dell'Appennino Lucano, Val d'Agri-Lagonegrese, che rappresentano una grande risorsa naturale e paesaggistica di questa area protetta, occupando circa il 15% della superficie complessiva del Parco. Il Parco, istituito nel 2007, si colloca nel sud Italia, nell'area occidentale della regione Basilicata, al confine con la Campania, nella provincia di Potenza, lungo la fascia appenninica che è compresa tra il Parco Nazionale del Cilento-Vallo di Diano e il Parco Nazionale del Pollino (fig. 1). Il territorio del Parco interessa l'alta valle dei fiumi Basento e Agri, dominate dalla presenza di alcuni rilievi montuosi, che ne costituiscono i principali riferimenti visivi: il monte Pierfaone (1.737 m), il monte Arioso (1.709 m), il monte Volturino (1.836 m), il monte di Viggiano (1.727 m) e il monte Sirino (1.970 m). La Strategia Nazionale Aree Interne (SNAI) classifica le aree del Parco nelle categorie "periferico" e "ultraperiferico", in relazione alla bassa densità demografica e alla scarsa accessibilità dal punto di vista infrastrutturale. Tuttavia, entrambi

i fattori hanno contribuito positivamente alla conservazione degli ambienti naturali e al mantenimento di un'elevata biodiversità, risorse essenziali per sviluppare strategie di valorizzazione turistica dei territori. Dal punto di vista paesaggistico, il parco include una straordinaria varietà di paesaggi caratterizzati da un elevato livello di naturalità che interessano, non solo i rilievi montuosi, ma anche vallate secondarie, aree collinari e insediamenti storici nei quali sono radicate culture e tradizioni locali. Dal punto di vista della vegetazione, è presente una grande varietà di specie arboree (cerro, acero, abete bianco, roverella, castagno, nocciolo), tra cui il faggio, che occupa ampie distese nelle parti sommitali dei rilievi montuosi. Lungo le alture della catena appenninica, in particolare tra i 1.000 m e 1.800 m s.l.m., si sviluppano, infatti, ampie distese boschive caratterizzate da faggete di alto fusto, che costituiscono uno degli aspetti distintivi del paesaggio montano di questa zona. Si tratta di boschi molto fitti e uniformi, caratterizzati dalla presenza di faggi secolari, alti fino a 30 m, che creano una copertura vegetativa omogenea, interrotta solo a tratti da prati e pascoli. Grazie proprio all'omogeneità di questi ambiti paesaggistici, è possibile ammirare lo spettacolo delle colorazioni della natura durante la stagione autunnale, come caratteristica identitaria di questi luoghi. Rispetto agli scopi della ricerca, è stata individuata l'area compresa tra il monte Pierfaone, Arioso, Volturino e Viggiano, collocata nella fascia settentrionale del parco, come caso pilota per la mappatura dinamica del fenomeno del *foliage* dei boschi, che in tale ambito può

Fig. 4. Sequenza temporale delle immagini satellitari che mostra l'evoluzione del fenomeno del *foliage* delle faggete nell'area di studio. Combinazione in colori reali attraverso le bande RGB (elaborazione grafica di Alessandro Scandiffio).



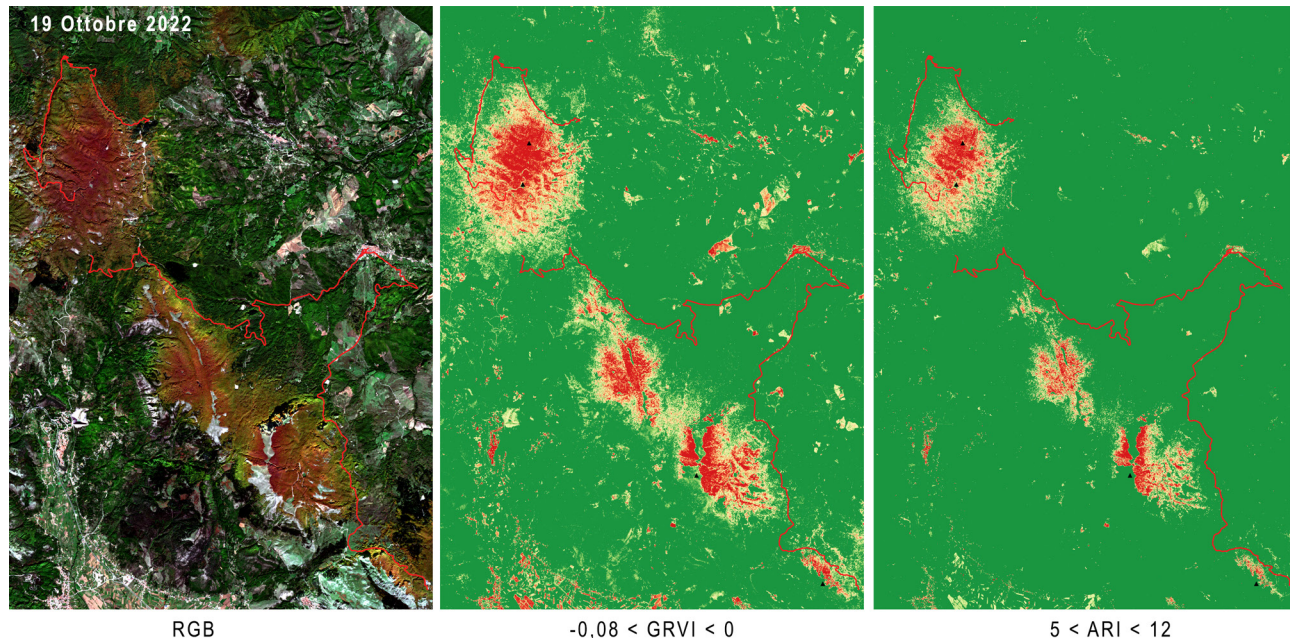
essere riconosciuto con maggiore evidenza (fig. 2). Nell'ambito della ricerca è stato condotto un sopralluogo con l'obiettivo di analizzare, durante la stagione autunnale, da un lato, le caratteristiche fisiche dei luoghi, e dall'altro verificare la corrispondenza tra l'osservazione da satellite e l'osservazione al livello del terreno, del quale si riportano le tracce GPS, il rilievo fotografico georeferenziato e una selezione di fotografie dimostrative (fig. 3).

Il processo di mappatura dinamica

In questo paragrafo si prende in considerazione il processo di mappatura dinamica [Scandiffio 2021a], che consente di rappresentare il fenomeno scenico della coloritura autunnale delle faggete, inteso come condizione estetica del paesaggio particolarmente significativa all'interno di un determinato contesto territoriale. L'evoluzione degli strumenti cartografici, nel corso della storia, ha consentito la costruzione di modelli interpretativi della realtà sempre più accurati, in grado

di mettere in luce non solo gli elementi spaziali che reggono la forma dei luoghi [Pandakovic, Dal Sasso 2013, p. 218], ma anche di tracciarne i cambiamenti evolutivi nel corso del tempo. Nel processo di mappatura dinamica del paesaggio, si instaurano nuove relazioni tra elementi fisici dello spazio ed elementi mutevoli nel tempo, che è necessario interpretare dinamicamente per comunicarli all'esterno (ad esempio tra orografia e vegetazione, tra vegetazione ed esposizione, tra altimetria e colture). Il punto di vista zenitale, tipico della cartografia, offre uno sguardo privilegiato sulla realtà, consente di appropriarsi di un certo contesto territoriale e di analizzarlo temporalmente. Solo apparentemente il paesaggio è statico, spazio prodotto, risultato di una trasformazione naturale e/o antropica avvenuta nel corso del tempo [Serenio 1981]. Nell'alternarsi delle stagioni il paesaggio, infatti, varia sensibilmente, assumendo connotazioni estetiche differenti, in relazione al ritmo di vita delle specie naturali e delle attività umane che agiscono sulla superficie terrestre [Palang, Sooväli, Printsman 2007]. Le relazioni tra forme e colori del paesaggio, fortemente interconnessi tra loro attraverso il ciclo

Fig. 5. Applicazione delle soglie specifiche agli indici di vegetazione GRVI e ARI per la mappatura del foliage (elaborazione grafica di Alessandro Scandiffio).



delle stagioni [Stobbelaar, Hendriks 2007, p. 105] possono essere lette in una dimensione spazio-temporale attraverso sistemi di mappatura complessi. Molti cambiamenti stagionali del paesaggio sono legati ai cicli colturali e alle variazioni della vegetazione, che è una delle componenti più mutevoli del paesaggio durante l'anno e che crea scenari di continuo interesse nell'ambito del turismo sostenibile. Mediante lo studio delle principali fasi fenologiche del ciclo vitale delle piante, è possibile individuare e mappare dinamicamente il percorso evolutivo.

Sfruttando le potenzialità delle immagini satellitari multispettrali della missione Sentinel-2, nell'ambito del programma europeo Copernicus dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) [Marconcini et al. 2020, p. 654], è possibile osservare contemporaneamente sia la dimensione spaziale che temporale degli ambiti di paesaggio in cui si verificano fenomeni scenico-percettivi d'interesse per la comunità [Scandiffio 2021a]. La mappatura dinamica, pertanto, si configura come processo critico-interpretativo che consente di estrarre dal dato satellitare, che fornisce una rappresentazione zenitale omnicomprensiva della realtà, informazioni relative al fenomeno specifico (ad esempio il *foliage*), attraverso le quali elaborare nuovi sistemi di conoscenza.

Metodologia

La metodologia si basa su quattro aspetti fondamentali: l'acquisizione delle immagini satellitari multispettrali, l'elaborazione delle immagini mediante combinazione delle bande elettromagnetiche per il calcolo degli indici di vegetazione, l'individuazione di soglie dedicate degli indici di vegetazione per la mappatura del fenomeno specifico e l'interpretazione dei risultati.

Grazie al programma europeo di osservazione satellitare Copernicus, oggi, è possibile utilizzare liberamente immagini satellitari multispettrali della missione Sentinel-2, con elevata risoluzione spaziale (10 m) e temporale (3-4 giorni alle medie latitudini), che ricoprono l'intera superficie terrestre. L'impiego delle immagini multispettrali, consente di utilizzare diverse bande, che registrano i valori di riflettanza, emessi dagli oggetti presenti sulla superficie terrestre, in diverse lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico (es. visibile, infrarosso, vicino-infrarosso). Per la mappatura dei fenomeni stagionali che interessano la vegetazione vengono utilizzati specifici indici di vegetazione (ad esempio NDVI, GRVI, EVI, ARI etc.) che, mediante opportune combinazioni tra

le diverse bande, permettono di studiare il ciclo fenologico e analizzare lo stato di salute della vegetazione [Tucker 1979]. Nel caso studio in questione è stato utilizzato il plug-in Semi-Automatic Classification (SCP) in ambiente GIS, per l'acquisizione e l'elaborazione delle immagini satellitari multispettrali [Congedo 2021]. L'analisi temporale delle fotografie satellitari acquisite nell'area delle faggete nell'Appennino Lucano, consente di apprezzare l'evoluzione del fenomeno della coloritura durante la stagione autunnale mediante la visualizzazione in colori reali (RGB) (fig. 4). Questo è un passaggio preliminare per analizzare l'evoluzione del fenomeno della coloritura nel tempo.

Uno degli aspetti metodologici più interessanti della fase di studio relativa alla mappatura del fenomeno della coloritura riguarda la ricerca degli indici di vegetazione sensibili al cambio di colorazione delle foglie degli alberi (da verde a giallo, da verde a rosso) e l'identificazione delle soglie specifiche per ciascun indice. In letteratura scientifica viene analizzato il comportamento e l'applicabilità di alcuni indici di vegetazione per lo studio della fioritura primaverile e della coloritura autunnale in relazione alle diverse tipologie di alberi. Gli indici di vegetazione che sfruttano le diverse combinazioni delle bande del verde e del rosso appaiono più performativi rispetto ad altri indici noti come ad esempio NDVI [Motohka et al. 2010; Junker, Ensminger 2016]. Per gli scopi della ricerca sono state utilizzate due diverse combinazioni delle bande del rosso e verde che corrispondono ai seguenti indici di vegetazione:

$$GRVI = \frac{GREEN - RED}{GREEN + RED}$$

$$ARI = \frac{1}{GREEN} - \frac{1}{RED}$$

Per ciascuna acquisizione satellitare, nell'intervallo temporale selezionato (autunno 2022) (fig. 4), sono stati calcolati gli indici di vegetazione GRVI e ARI. L'indice ARI è stato preso in considerazione, in relazione alla presenza dei pigmenti antociani, responsabili della colorazione delle foglie, ma appare meno performante dell'indice GRVI (fig. 5). L'indice GRVI, essendo una differenza normalizzata, può assumere valori compresi tra -1 e +1. Per gli scopi di mappatura della ricerca, occorre, inoltre, individuare una o più soglie specifiche in relazione all'indice considerato, attraverso le quali è possibile "isolare" le caratteristiche del fenomeno cercato. Nel caso della colorazione autunnale il valore GRVI=0

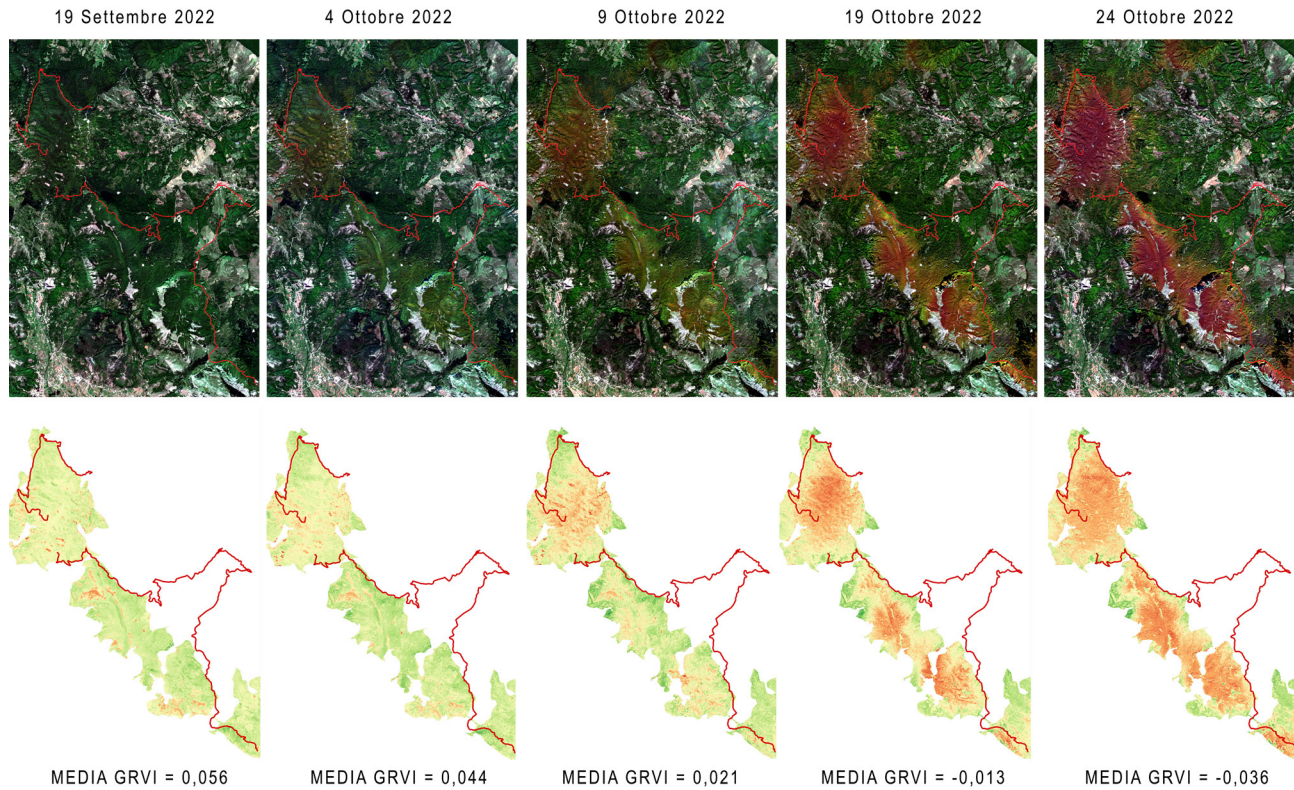


Fig. 6. Sequenza temporale con evidenza del trend del valore medio dell'indice GRVI nell'ambito delle faggete (elaborazione grafica di Alessandro Scandiffo).

rappresenta la soglia in grado di separare le superfici verdi da quelle in colore. Valori negativi di GRVI consentono di mappare le diverse *nuance* di colori autunnali delle faggete nell'area di studio considerata.

Risultati

L'applicazione della metodologia basata sugli indici di vegetazione, che utilizzano le combinazioni delle bande del rosso e del verde, consente di mappare con grande precisione le aree in cui si verifica la colorazione autunnale delle faggete e la sua evoluzione temporale. Si rileva che durante la condizione di *climax* del *foliage* (periodo tra 19 ottobre 2022 e 24 ottobre 2022) l'indice GRVI raggiunge, nell'ambito delle faggete, il valore minimo, pari a circa -0,2, che individua il livello di massima colorazione. L'intervallo di valori in cui si registrano le nuance di colori significativi è compreso tra 0 e -0,2. Per lo stesso indice GRVI, si riporta anche l'andamento del valore medio calcolato per ciascuna acquisizione satellitare, che evidenzia l'evoluzione spazio-temporale del fenomeno della coloritura, e l'efficacia della metodologia proposta per la mappatura del fenomeno (fig. 6).

Conclusioni e sviluppi futuri

La ricerca propone una metodologia per la mappatura dinamica del fenomeno scenico del *foliage* che, negli ultimi

Crediti

Pur nella condivisione dei principi della ricerca presentata, il paragrafo *Il quadro metodologico di riferimento: mappatura dinamica di paesaggi mutevoli* è attribuibile ad Andrea Rolando, il paragrafo *La stagionalità dei paesaggi nei processi di valorizzazione promossi dalla pianificazione paesaggistica* a Mariavaleria Mininni, i paragrafi *Area di studio: le faggete nel Parco Nazionale dell'Appennino Lucano, Il processo di mappatura dinamica, Metodologia, Risultati* ad Alessandro Scandiffio, il paragrafo *Conclusioni e sviluppi futuri* a tutti gli autori.

Autori

Andrea Rolando, Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, andrea.rolando@polimi.it

Alessandro Scandiffio, Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, alessandro.scandiffio@polimi.it

Mariavaleria Mininni, Dipartimento delle Culture Europee del Mediterraneo, Università degli Studi della Basilicata, mariavaleria.mininni@unibas.it

anni sta caratterizzando alcuni luoghi come vere e proprie destinazioni turistiche in molte zone dell'Italia. In questo senso, l'utilizzo dei dati satellitari, ad alta risoluzione spaziale e temporale, consente di creare nuove forme della rappresentazione che, in maniera dinamica, mostrano i processi dinamici in atto nel paesaggio, rendendoli visibili anche ad occhi inesperti. La dimensione temporale fornisce ulteriori spunti di riflessione per l'analisi delle componenti fisiche del paesaggio, tipicamente rappresentate in forma statica sulle mappe, arricchendole di contenuti mutevoli che riproducono la variabilità della realtà in forma visuale.

Inoltre, se si considera che il fenomeno del *foliage* è una manifestazione di una situazione di crisi della pianta e che questa è influenzata direttamente dal clima, queste metodologie possono anche offrire, considerando la sempre maggiore evidenza delle questioni legate proprio alla crisi climatica ed ambientale, strumenti analitici e spunti di riflessioni significativi non solo per finalità turistiche, ma anche per strategie di sensibilizzazione e di governo del territorio. Ulteriori sviluppi della ricerca possono essere orientati allo sviluppo di metodologie che consentano di integrare l'osservazione da satellite con l'osservazione al suolo in maniera più efficace, per rendere i risultati più accurati e spendibili anche in termini predittivi.

Queste rappresentazioni devono essere intese come strumenti in grado di supportare i decisori nella definizione di strategie di sviluppo territoriale, se opportunamente integrate all'interno di applicativi e/o portali web per la fornitura di informazioni geolocalizzate al servizio degli attori del territorio e dei singoli utenti.

Riconoscimenti

La ricerca è stata sviluppata nell'ambito della Convenzione tra il Dipartimento di Architettura e Studi Urbani (DAStU) del Politecnico di Milano e il Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo dell'Università della Basilicata (DiCEM). In particolare si applicano le metodologie e le tecniche della ricerca dal titolo *Mappatura dinamica delle condizioni stagionali del paesaggio mediante immagini multispettrali* (sviluppato dal gruppo di ricerca E-scapes del Politecnico di Milano: <<https://www.e-scapes.polimi.it/>>) contribuendo per questi specifici aspetti al progetto *PON-RESO: Resilienza e Sostenibilità delle filiere alimentari ortofrutticole e cerealicole* portato avanti dall'Università della Basilicata.

Riferimenti bibliografici

Congedo, L. (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. In *Journal of Open Source Software*, 6(64), 3172.

Copernicus Open Access Hub: <<https://scihub.copernicus.eu/>> (consultato il 15 febbraio 2023).

Junker, L. V., Ensminger I. (2016). Relationship between leaf optical properties, chlorophyll fluorescence and pigment changes in senescing *Acer saccharum* leaves. In *Tree Physiology*, 36(6), pp. 694-711.

Mancuso, S. (2020). *La pianta del mondo*. Roma-Bari: Laterza.

Marconcini et al. (2020). Digital Earth in Europe. In H. Guo, M. F. Goodchild, A. Annoni (Eds.). *Manual of Digital Earth*, pp. 647-681. Dordrecht: Springer.

Mininni, M., Sabia, V., (2020). Nuove transumanze e azioni paesaggistiche. Uno scenario per il piano paesaggistico della Basilicata. In L. Lazzarini, S. Marchionni (a cura di). *Spazi e corpi in movimento. Fare urbanistica in cammino*, pp. 77-93. Firenze: SdT Edizioni.

Motohka et al. (2010). Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology. In *Remote Sensing*, 2(10), pp. 2369-2387.

Palang, H., Sooväli, H., Printsman, A. (Eds.). (2007). *Seasonal Landscapes*. Dordrecht: Springer.

Pandakovic, D., Dal Sasso, A. (2013). *Saper vedere il paesaggio*. Novara: Città Studi edizioni.

Parco Nazionale dell'Appennino Lucano Val d'Agri-Lagonegrese: <<http://www.parcoappenninolucano.it/>> (consultato il 28 febbraio 2023).

Piano Paesaggistico Regionale, Regione Basilicata: <<http://ppr.regione.basilicata.it/>> (consultato il 15 febbraio 2023).

Rolando, A., Scandiffio A. (2022). Experiencing seasonal landscapes across the Grand Tour UNESCO in Piedmont. A strategy to achieve a more balanced uses of the territories based on sustainable tourism. In *Quaderni di Abitare la Terra/Dwelling on Earth*, n. 7-8, pp. 36-39.

Rolando, A., Scandiffio, A. (2021). Historical agricultural landscapes: mapping seasonal conditions for sustainable tourism. In *International Archives Photogrammetry Remote Sensing Spatial Information Science*, XLVI-M-1-2021, pp. 641-646.

Scandiffio, A. (2021a). Mappatura dinamica delle condizioni stagionali del paesaggio. In E. Cicalò, V. Menchetelli, M. Valentino (Eds.). *Linguaggi Grafici. MAPPE*, pp. 1374-1391. Alghero: Publica.

Scandiffio, A. (2021b). Parametric Definition of Slow Tourism Itineraries for Experiencing Seasonal Landscapes. Application of Sentinel-2 Imagery to the Rural Paddy-Rice Landscape in Northern Italy. In *Sustainability*, 13(23), 13155.

Sereno, P. (1981). L'archeologia del paesaggio agrario: una nuova frontiera di ricerca. In L. Gambi (a cura di). *Campagna e industria. I segni del lavoro*, pp. 24-47. Milano: Touring Club Italiano.

Stobbelaar, D. J., Hendriks, K. (2007). Seasonality of Agricultural Landscapes: Reading Time and Place by Colours and Shapes. In H. Palang, H. Sooväli, A. Printsman (Eds.). *Seasonal Landscapes*, pp. 103-126. Dordrecht: Springer.

Tucker, C. J. (1979). Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. In *Remote Sensing of Environment*, 8, pp. 127-150.