Object-based image analysis in ARCHEOLOGIA

Luigi Magnini

Questa breve panoramica sull'applicazione dell'analisi *object-based* e *object-oriented* in ambito archeologico presenta alcune note generali riguardanti la ricerca condotta a partire dal 2011 dal gruppo di lavoro del Dipartimento dei Beni Culturali dell'Università degli Studi di Padova, coordinato dal prof. De Guio.

Uno dei maggiori problemi nel campo del telerilevamento è la complessa e palinsestica origine di gran parte dei contesti archeologici. Il rapporto intercorso tra l'uomo e l'ambiente, spesso di lunga durata, ha inevitabilmente prodotto **un'intricata sovrapposizione di segni e tracce diacroniche**, ognuna caratterizzata da un diverso grado di residualità. L'individuazione e la distinzione di queste evidenze è di centrale importanza per l'interpretazione e la comprensione dello sviluppo storico, culturale e archeologico del territorio.

La fotointerpretazione dei contesti archeologici solitamente viene portata avanti caso per caso, con alti costi di tempo e lavoro per l'operatore. L'approccio *object-based* è stato testato al fine di ridurre i tempi di analisi e gli errori umani di sovrainterpretazione, oltre che per migliorare la comparabilità dei risultati ottenuti.

In questa sede verranno presentati due casi di studio al fine di esemplificare le potenzialità offerte dal metodo e l'ampia varietà di paesaggi, contesti e problematiche che caratterizzano la ricerca archeologica.

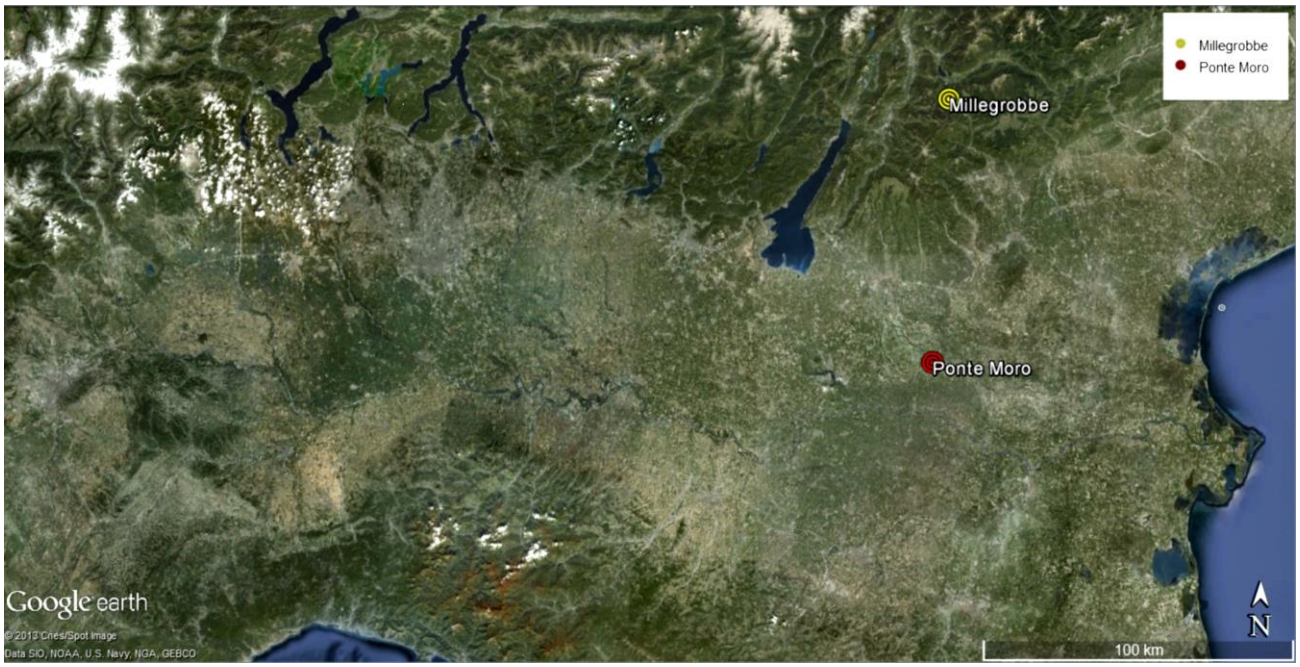


Fig. 1: Localizzazione dei siti di interesse tramite Google *earth*

1. Ponte Moro

Il sito di Ponte Moro (Cerea, VR) è un'area rurale di fuori-sito ubicata nella bassa pianura veronese nei pressi dell'antico villaggio arginato di Castello del Tartaro, occupato tra la media e la recente età del Bronzo. Si tratta di un ambiente ricco di tracce archeologiche, ma anche molto disturbato dalla presenza di vaste aree coltivate e infrastrutture moderne.

Lo scopo è quello di analizzare il paesaggio fossile delle Valli Grandi Veronesi, con particolare riferimento ai resti sepolti di una strada e di un paleocanale, entrambi associati all'occupazione protostorica della zona, come confermato anche da studi geoarcheologici e datazioni al ^{14}C.

I dati di partenza impiegati sono una fotografia aerea ortorettificata e un'immagine a falsi colori nello spettro dell'infrarosso, entrambe con risoluzione a 0,5 m. La decisione di elaborare contemporaneamente i due supporti si è resa necessaria in quanto nessuna delle immagini di partenza, presa singolarmente, mostrava contemporaneamente le tracce di entrambe le strutture archeologiche nel loro complesso.

Il parametro di scala della segmentazione a multirisoluzione è stato scelto confrontando i risultati ottenuti utilizzando i valori di 15, 30, 60 e 120. Sebbene con parametro di scala 30 l'immagine appaia a prima vista come sovrasegmentata, un parametro inferiore non sarebbe stato adeguato per definire precisamente le evidenze archeologiche di interesse. Poiché il colore è elemento determinante in questo frangente, il parametro "shape" è stato impostato su 0,1.

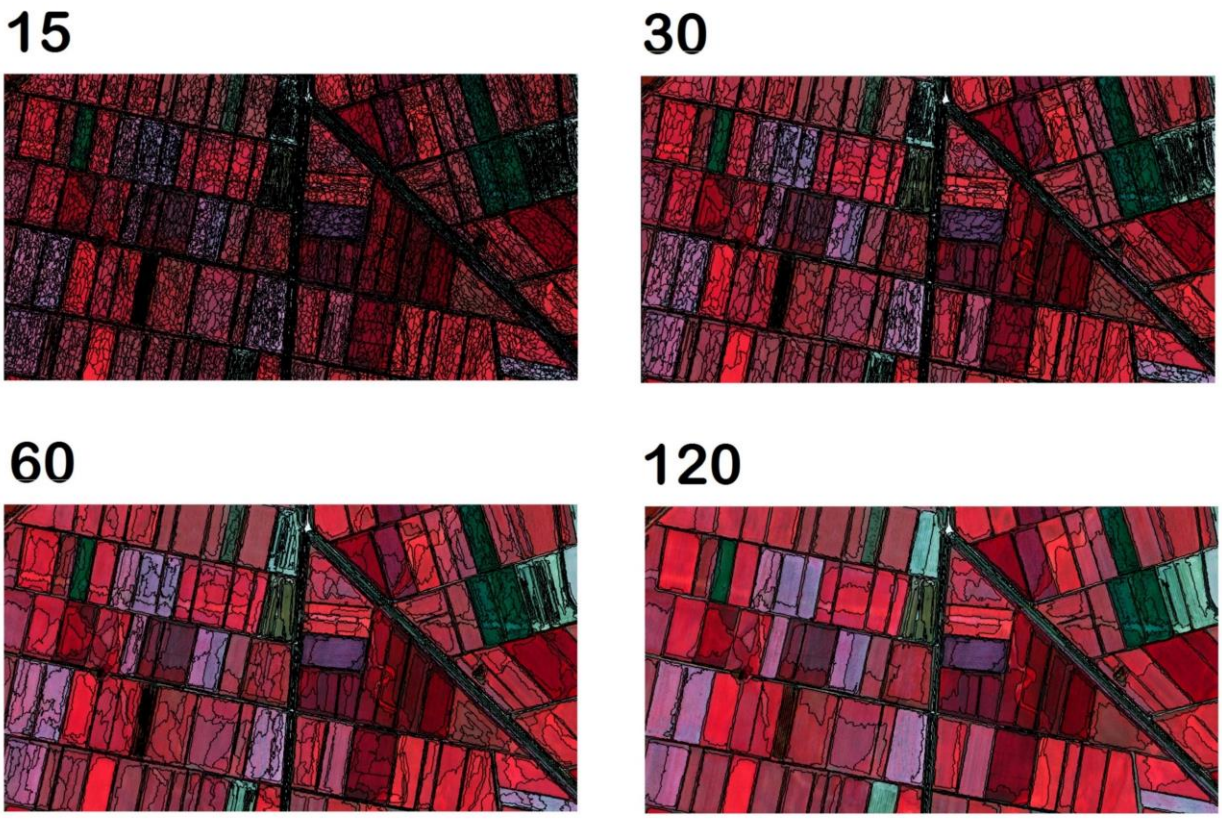
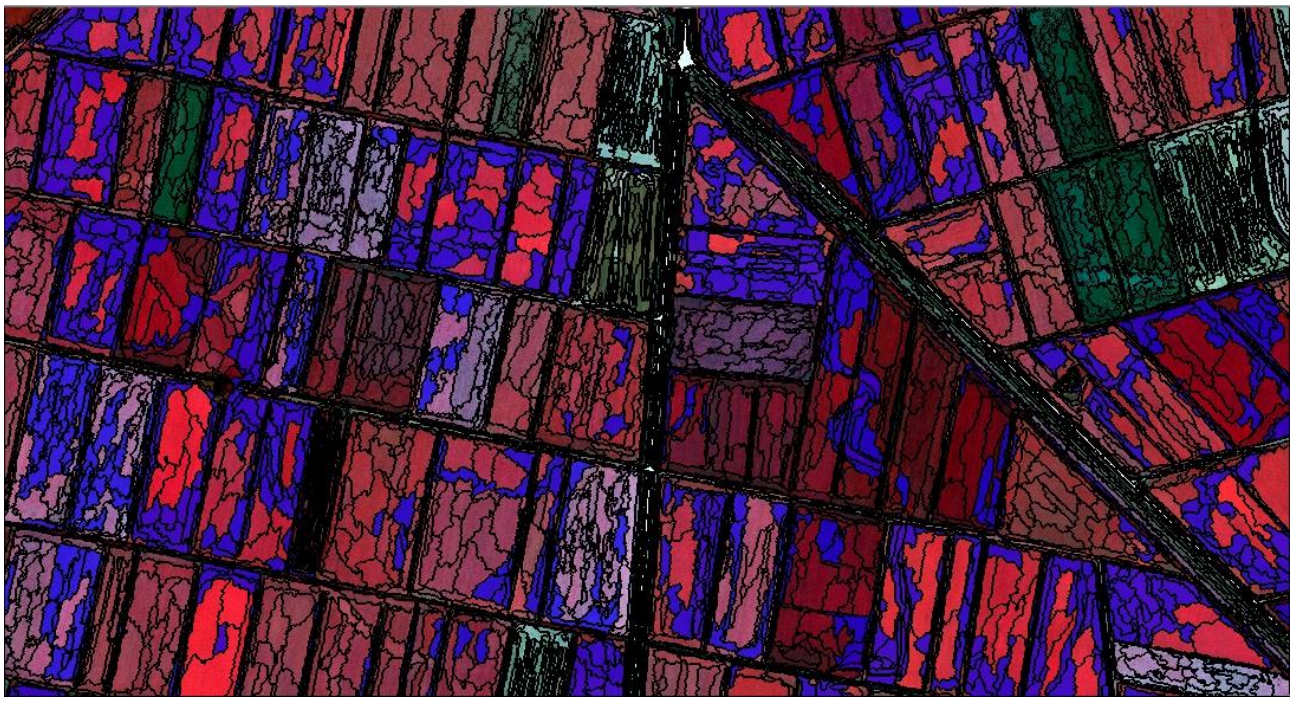


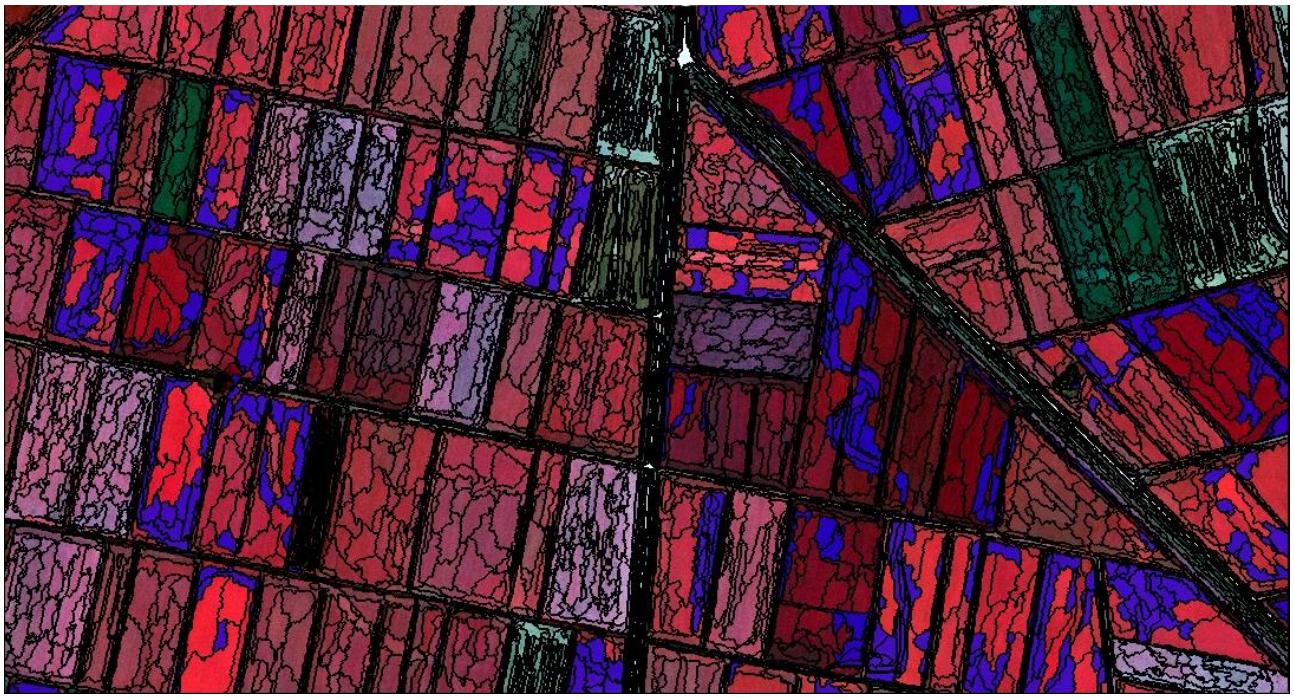
Fig. 2: Ponte Moro: comparazione tra i risultati di segmentazioni a multirisoluzione aventi parametri di scala rispettivamente di 15, 30, 60, 120.

Il primo passo per classificare il paleoalveo è stato l'impiego del "*mean*" sul *layer* del vicino infrarosso. La traccia dell'antica canalizzazione, infatti, può essere riconosciuta grazie diversa crescita della vegetazione (*grass-marks* e *crop-marks*), che presenta appunto un'alta riflessione sulla banda NIR. In questo modo è stato possibile delineare con una discreta precisione le anomalie legate al paleocanale, sebbene la presenza di infrastrutture moderne che intercettano le evidenze antiche non permette di sfruttare a pieno le caratteristiche morfologiche degli oggetti immagine. La segmentazione, a causa della presenza di strade e canali moderni, ha suddiviso il paleoalveo in numerosi oggetti-immagine anche di dimensioni piuttosto ridotte. L'unica *object-feature* geometrica che si è potuta sfruttare è l'*area* per de-classificare gli oggetti-immagine di maggiori dimensioni, relativi ai campi e alle infrastrutture recenti.

Il riconoscimento dell'asse viario protostorico è stato implementato come una nuova classificazione all'interno dello stesso progetto, partendo dalla stessa segmentazione. Anche in questo caso l'andamento della strada antica era interrotto dalla parcellizzazione agraria e dalle infrastrutture moderne. Per superare questa problematica si sono classificati tutti gli oggetti-immagine (a esclusione di quelli facenti parte della classe "paleocanale") che avessero un rapporto lunghezza/ larghezza medio basso. Una volta rimosso il "rumore" moderno si sono sfruttate le caratteristiche cromatiche (soprattutto sulla banda del verde) per classificare gli oggetti-immagine più chiari relativi all'antico tracciato stradale. Anche in questo caso gli oggetti di maggiori dimensioni sono stati esclusi dalla classificazione grazie all'*object feature* "area". A differenza della classificazione del paleocanale, è stato inoltre possibile

impiegare nella classificazione altre *object features* geometriche: "*rectangular fit*", in particolare, ha permesso di sfruttare le caratteristiche formali e geometriche della strada antica.





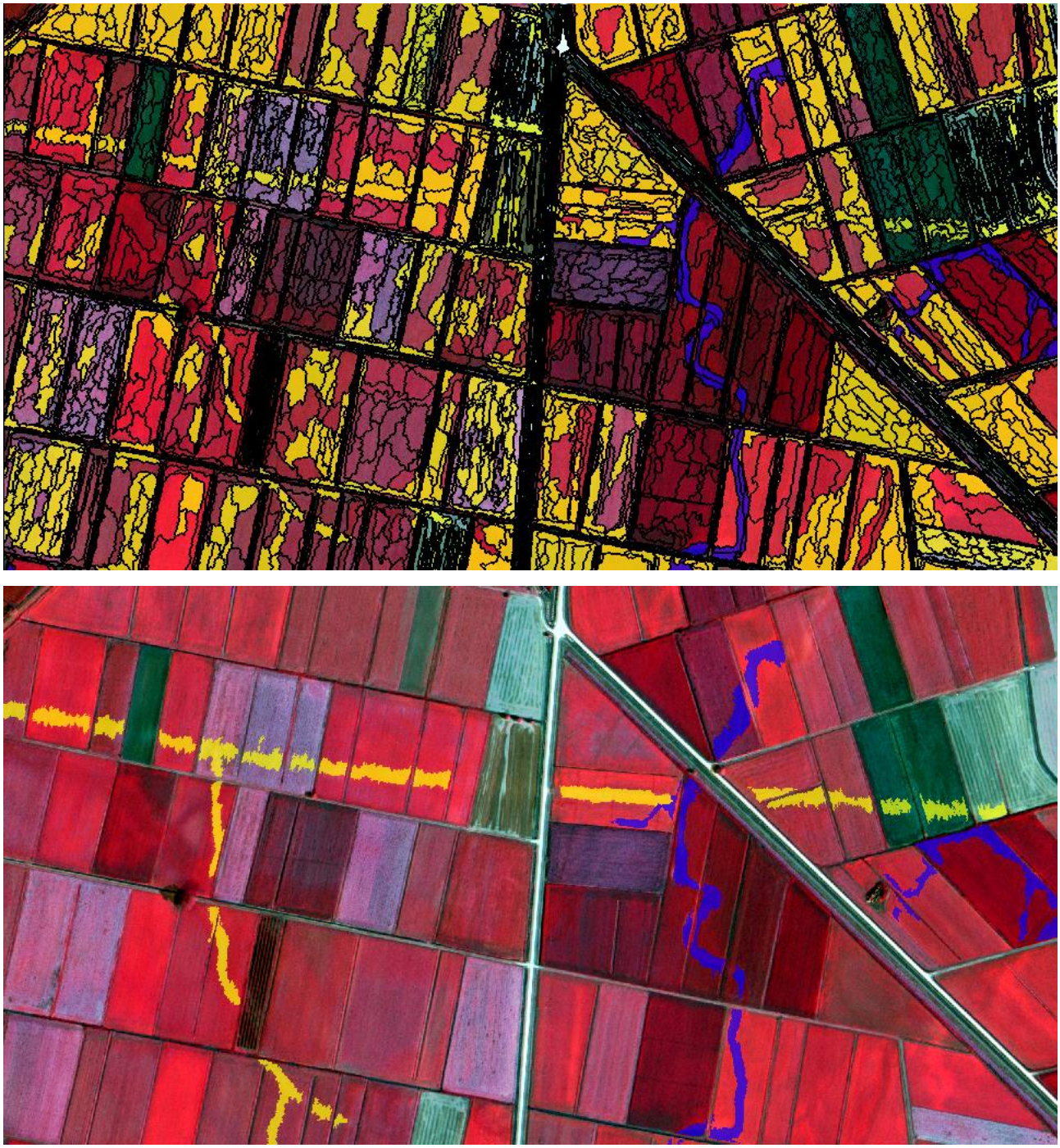


Fig. 3: Passaggi chiave per la creazione di un *rule-set* semi-automatico per la classificazione del paleoalveo (blu) e del tracciato stradale antico (giallo) nell'area di Ponte Moro.

2. Millegrobbe

L'area di Millegrobbe (Lavarone, TN), situata sull'altopiano di Vezzena/ Luserna/ Lavarone, è parte di un complesso contesto archeologico occupato massivamente a partire dalla tarda età del Bronzo in relazione alla metallurgia del rame. Sebbene priva di miniere, l'area era infatti snodo economico per la riduzione primaria dei minerali di rame grazie alle sue abbondanti materie prime, come legname e pascoli, e alle risorse derivanti dalle pratiche pastorali e d'alpeggio. In seguito la zona è stata il centro di una complessa economia di montagna legata allo sfruttamento del bosco, dei pascoli e delle cave di pietra. Millegrobbe è stata, inoltre, teatro di sanguinosi combattimenti durante il Primo Conflitto Mondiale. Le impronte lasciate sul terreno da questo palinsesto diacronico di avvenimenti sono ora oggetto di indagine da parte del nostro gruppo di lavoro.

Il caso di studio si focalizzerà su tre aspetti che hanno interessato il territorio indagato: 1) la paleometallurgia dell'età del Bronzo; 2) l'archeologia della guerra; 3) l'etnoarcheologia connessa con l'economia di montagna.

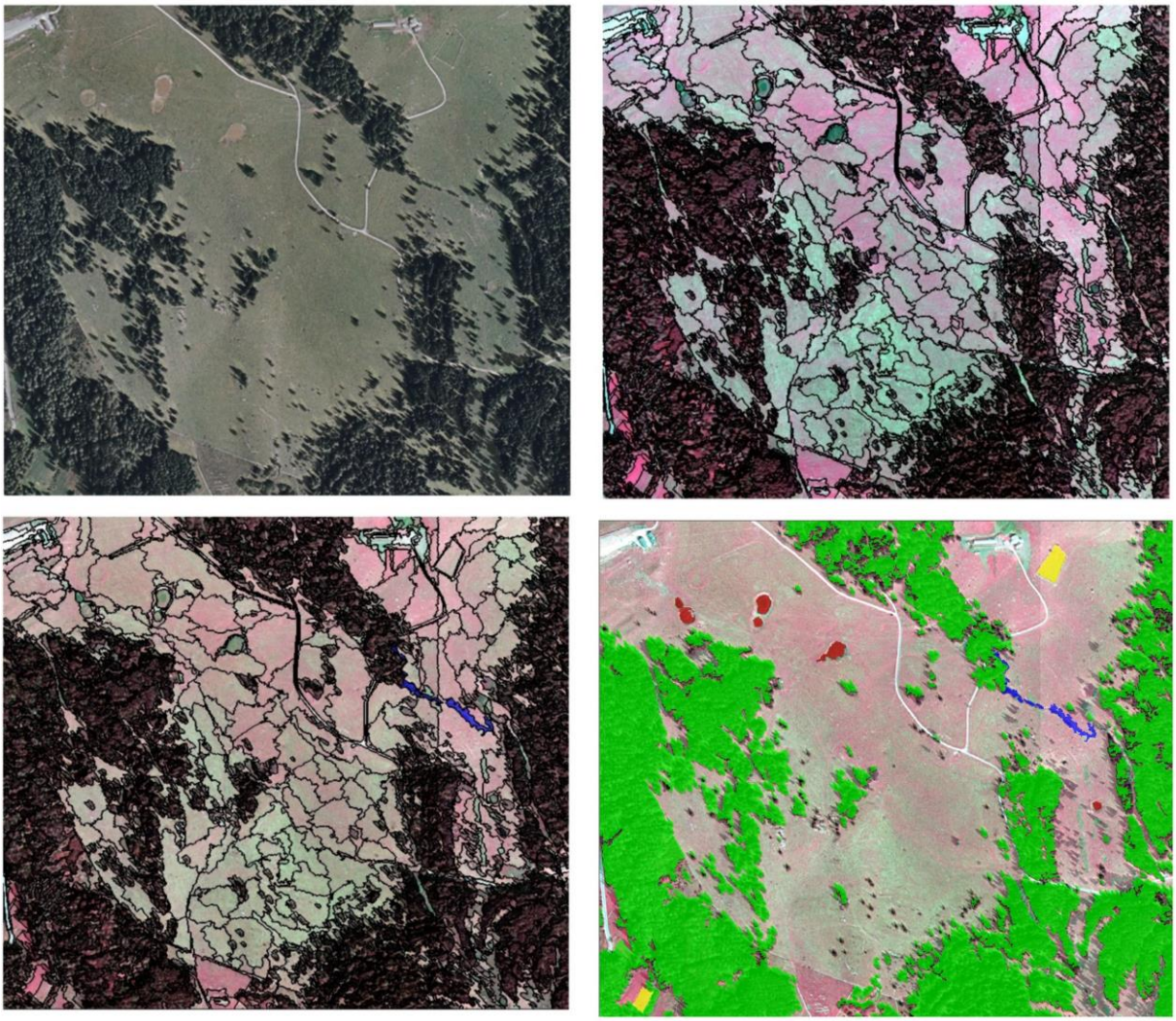


Fig. 4: Passaggi chiave per la creazione di un *rule-set* (semi-automatico) per la classificazione della trincea (blu), delle pozze d'alpeggio (rosso), delle malghe (giallo) e della copertura boschiva (verde) nell'area di Millegrobbe.

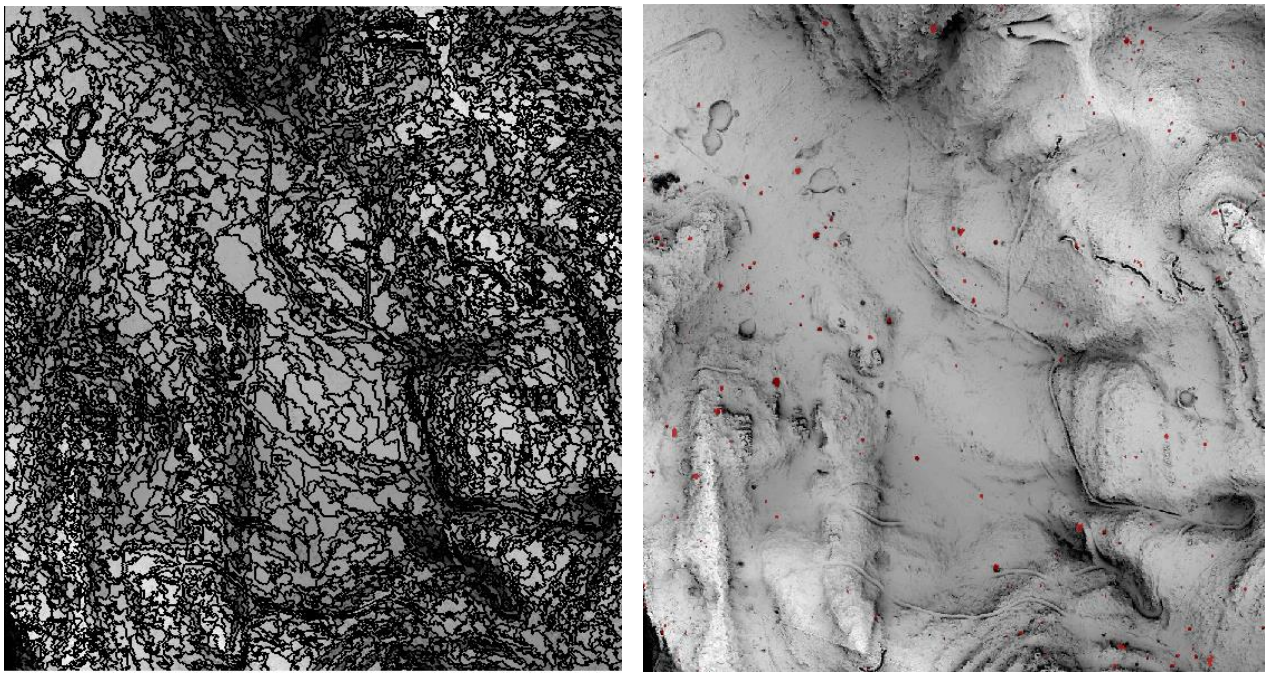


Fig. 5: sinistra - *Sky-view factor* (*number of sectors* 16, *maximum search radius* 30) con segmentazione a multirisoluzione (*scale parameter* 50, *shape* 0.1, *compactness* 0.5); destra - classificazione delle buche di bomba (in rosso) partendo da una elaborazione *sky-view factor* dell'area di Millegrobbe.

Per identificare tramite telerilevamento le tracce lasciate dalle diverse attività citate è necessario innanzitutto conoscerne e saperne riconoscere le caratteristiche geometriche, spettrali, dimensionali e relazionali. In questo caso i dati di partenza includono una fotografia aerea ortorettificata (0,5 m di risoluzione), un'immagine a falsi colori nello spettro del vicino infrarosso (0,5 m di risoluzione) e un DTM derivato da LiDAR con risoluzione a terra di 1 m.

Nell'area sono stati testate due distinte analisi *object-based* con il software eCognition Developer.

Il primo intervento ha visto l'utilizzo dell'ortofoto e dell'immagine NIR per identificare e differenziare tre classi fondamentali di evidenze presenti sul terreno: le trincee, le pozze d'alpeggio e i resti di malghe e di recinti per il bestiame abbandonati. La prima classe, legata alla Grande Guerra, si presenta come un piccolo fossato lungo e stretto, con andamento a zig-zag dove i soldati si riparavano durante gli assalti. La presenza nell'area di Millegrobbe di almeno una linea di trincee è attestata dalla presenza del toponimo "ex-trincee".

Le pozze d'alpeggio sono legate direttamente all'economia pastorale, ma costituiscono anche un importante indicatore in relazione alla metallurgia protostorica. La necessità di acqua nel processo di *smelting* dei minerali di rame, associata al substrato carsico dell'altopiano di Vezzena/ Luserna/ Lavarone, ha forzato i metallurghi dell'età del Bronzo a sfruttare o realizzare pozze contenenti acqua piovana. Queste fornivano l'acqua necessaria per abbeverare gli animali e per i processi di lavorazione del rame, tanto che sono state rinvenute notevoli quantità di scorie metalliche lungo le sponde di pozze sia tutt'ora attive che abbandonate. Queste strutture si presentano di forma circolare o sub-circolare con un diametro non inferiore ai 5 m, anche se generalmente le tra i 10 e i 30 m.

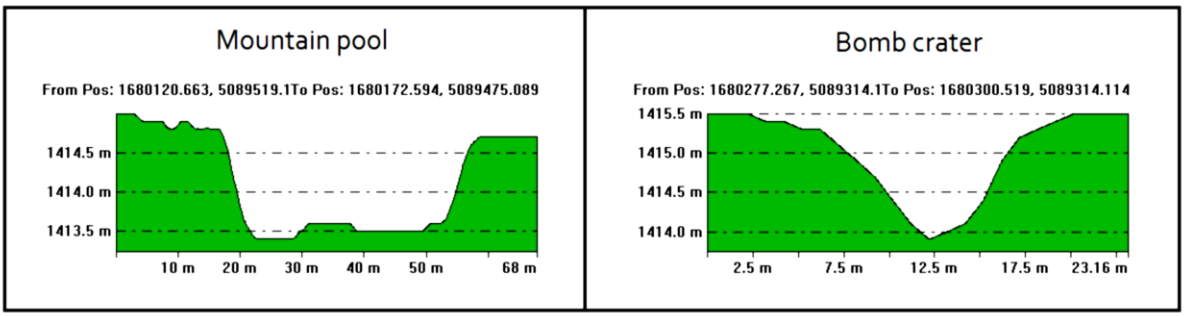


Fig. 6: Comparazione tra le sezioni di una pozza d'alpeggio (a sinistra) e di una buca di bomba (a destra) dall'area di Millegrobbe.

La terza classe, quella di malghe e recinti, è connessa all'economia pastorale tradizionale. A livello geometrico queste strutture hanno forma e dimensioni piuttosto varie ma l'impianto è sempre quadrangolare e talvolta presentano più vani interconnessi tra loro.

Il primo passo dell'analisi è consistito nella segmentazione multirisoluzione, che è stata impostata secondo i seguenti parametri: scala 100, forma 0.1, compattezza 0.5. La selezione del parametro di scala è stata fatta confrontando i risultati ottenuti utilizzando i valori di 25, 50, 100 e 200 e selezionando quello più indicato per l'identificazione delle *features* di interesse. Per classificare le trincee si sono tenuti in considerazione due parametri fondamentali: il rapporto lunghezza/ larghezza e il colore. La trincea risulta meglio visibile sul *layer* del NIR a causa della peculiare bassa vegetazione che cresce nei suoi pressi, si è dunque sfruttata questa caratteristica per classificare il profilo della trincea rispetto ad altre strutture lineari come le strade o i sentieri.

Le pozze sono state classificate principalmente grazie alla loro forma circolare, al loro colore e alla presenza o assenza di acqua all'interno. Le *object-features* considerate sono nell'ordine: "*roundness*" (rotondità), "*area*" in relazione alla dimensione media delle pozze d'alpeggio alpine, "*mean*" sul *layer* rosso e "*brightness*", per sfruttarne le caratteristiche spettrali e di riflettanza.

Le malghe e le strutture ad esse associate, essendo costruzioni artificiali piuttosto regolari e di forma generalmente quadrangolare, sono state classificate con la funzione "*rectangular fit*". Gli oggetti immagine più piccoli, relativi alle ombre tra gli alberi, sono stati eliminati tenendo conto della loro "*area*". Infine "*brightness*" ci ha permesso di rimuovere quegli oggetti-immagine con elevati valori di contrasto, che corrispondevano alle costruzioni moderne.

Lo scopo del secondo intervento era quello di classificare nell'area di Millegrobbe le buche di bomba della Prima Guerra Mondiale ancora presenti e differenziarle rispetto alle altre evidenze circolari come le pozze d'alpeggio. Per questo scopo si è deciso di sfruttare la visualizzazione *Sky-view Factor* (SVF), creata a partire dal modello digitale del terreno. Questo trattamento restituisce un'immagine in scala di grigi che identifica per ogni punto del DTM la porzione di cielo visibile calcolata su un raggio scelto dall'operatore. Lo *sky-view factor* è particolarmente adatto per identificare evidenze depresse e con poca visibilità celeste. In particolare si è impiegato uno SVF con *number of sectors* pari a 16 e con *maximum search radius* di 30 pixel (ovvero, nel caso specifico, 30 metri).

È stata selezionata una segmentazione del tipo a multirisoluzione con parametro di scala pari a 50, 0.1 di *shape* e 0.5 di *compactness*. La scelta di un parametro di scala così basso è stata imposta dalla natura dimensionale delle evidenze che si volevano classificare, ossia le buche di bomba, che possono

avere diametri anche piuttosto ridotti. Il primo parametro impiegato per la classificazione delle buche di bomba è stato il "*roundness*": tale procedimento ha consentito di andare a selezionare solo quegli oggetti-immagine che avessero profilo molto arrotondato. L'applicazione dell'*object-feature* "*area*" ha poi permesso di operare una seconda selezione, al fine di evidenziare solo quegli oggetti-immagine che avessero caratteristiche dimensionali attinenti alla ricerca in corso. L'ultimo passaggio è stato teso ad escludere dalla classificazione le *features* di dimensioni ridotte e con una rotondità elevata che però si presentavano troppo allungate per essere buche di bomba; il parametro adottato per l'operazione è stato "*length/width*".

La seconda classificazione è stata eseguita sulle pozze d'alpeggio. Partendo dallo *sky-view factor* non era ovviamente possibile sfruttare il colore dei *crop-mark* come indicatore, diversamente da quanto era stato effettuato nei casi di studio che prevedevano l'utilizzo di fotografie aeree. Si è quindi deciso di optare per un approccio che sfruttasse maggiormente la morfologia della struttura. A tal fine si è deciso di servirsi fin da subito i parametri "*area"* ed "*elliptic fit*", combinando l'*object-feature* "area" con l'algoritmo di *merge region*. Questa procedura ha consentito di ottenere ottimi risultati per discriminare le due classi.

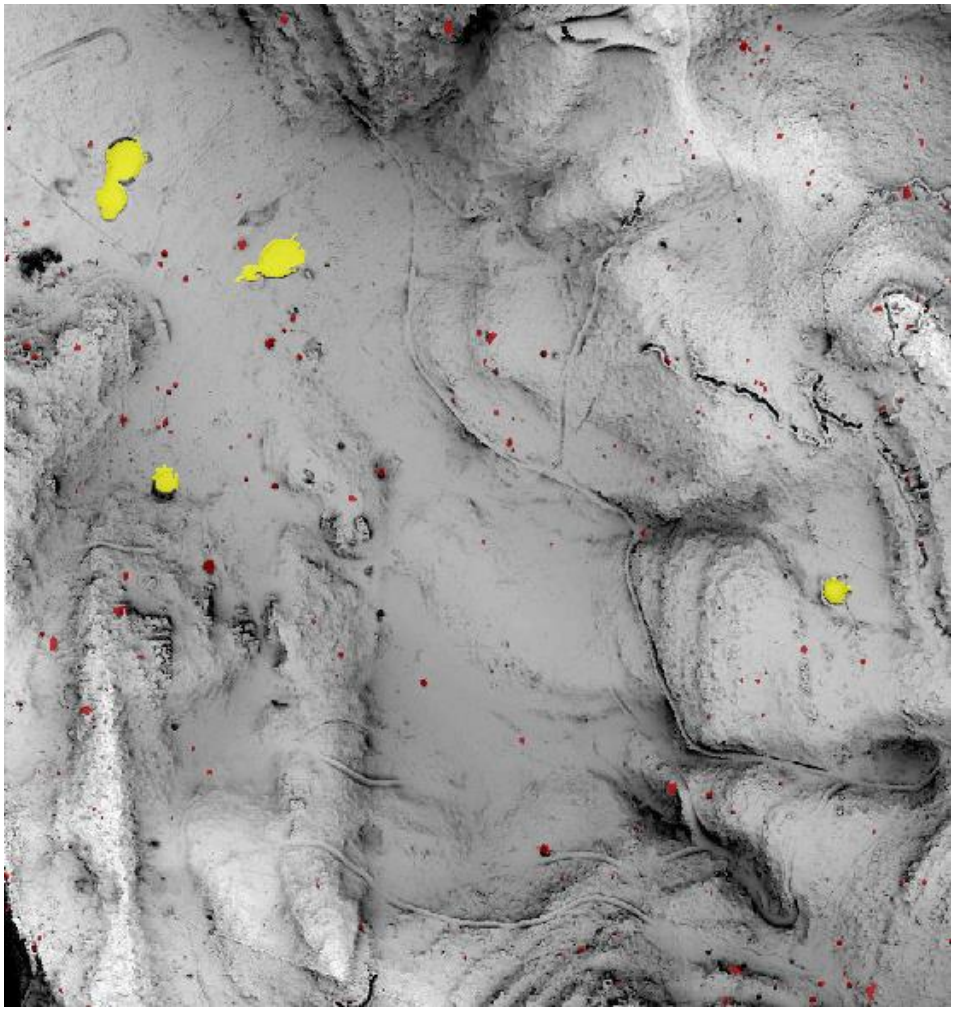


Fig. 7: *Multiclass analysis* partendo da una elaborazione *sky-view factor* dell'area di Millegrobbe; in rosso la distribuzione delle buche di bomba, in giallo la distribuzione delle pozze d'alpeggio.

CONCLUSIONI

I casi di studio presentati esemplificano il contributo dell'approccio *object-based* all'analisi teleosservativa dei contesti archeologici. Tuttavia va sottolineato che predisporre un'analisi geospaziale su strutture emergenti o su *features* relative al paesaggio attuale ed etnostorico, come nel caso del progetto di Millegrobbe, è molto diverso dal tentativo messo in atto a Ponte Moro dove l'intento era di **identificare resti archeologici sepolti, le cui caratteristiche originali sono state trasformate** dalla successione e dall'interazione di una varietà di processi deposizionali e post-deposizionali.

Il software eCognition Developer garantisce comunque una sorta di "automazione controllata" del processo di foto-interpretazione e l'esportabilità dei set di regole creati; questa possibilità, nello specifico, risulta particolarmente utile quando si lavora su progetti a larga scala per accelerare il processo di *object/ pattern/ scenery recognition*. Va comunque considerato, data l'elevata variabilità interna dei possibili esiti sul terreno delle strutture archeologiche superficiali e sepolte, che nel caso di un approccio completamente automatico il controllo dell'operatore sui risultati ottenuti è assolutamente essenziale per ottimizzare o ricalibrare i parametri in base agli obiettivi specifici di ricerca, localmente sensibili al rapporto informazioni/ rumore e al feedback della verità terreno.

Nel corso di questo lavoro, l'analisi OBIA è stata utilizzata per l'individuazione di evidenze etno-storiche fossili e residuali tramite l'impiego della tecnologia LiDAR. I risultati ottenuti, con il riconoscimento semi-automatico di 186 possibili buche di bomba e 4 pozze d'alpeggio nel territorio di Millegrobbe, forniscono dati di estremo interesse perché confermano l'importanza di testare e sviluppare anche in ambito archeologico metodologie object-based e, più in generale, di *object/ pattern/ scenery recognition*.

REFERENCES

DE GUIO A., MAGNINI L., BETTINESCHI C., 2015, "GeOBIA approaches to remote sensing of fossil landscapes: two case studies from Northern Italy", in *Across Space and Time: papers of the 41st CAA conference, Computer Applications in Archaeology*, Amsterdam University Press, pp. 45-53.

MAGNINI L., BETTINESCHI C., DE GUIO A., in press, "Object-based shell craters classification from LiDAR-derived Sky-View Factor", in Archaeological Prospection.