

Remote Sensing

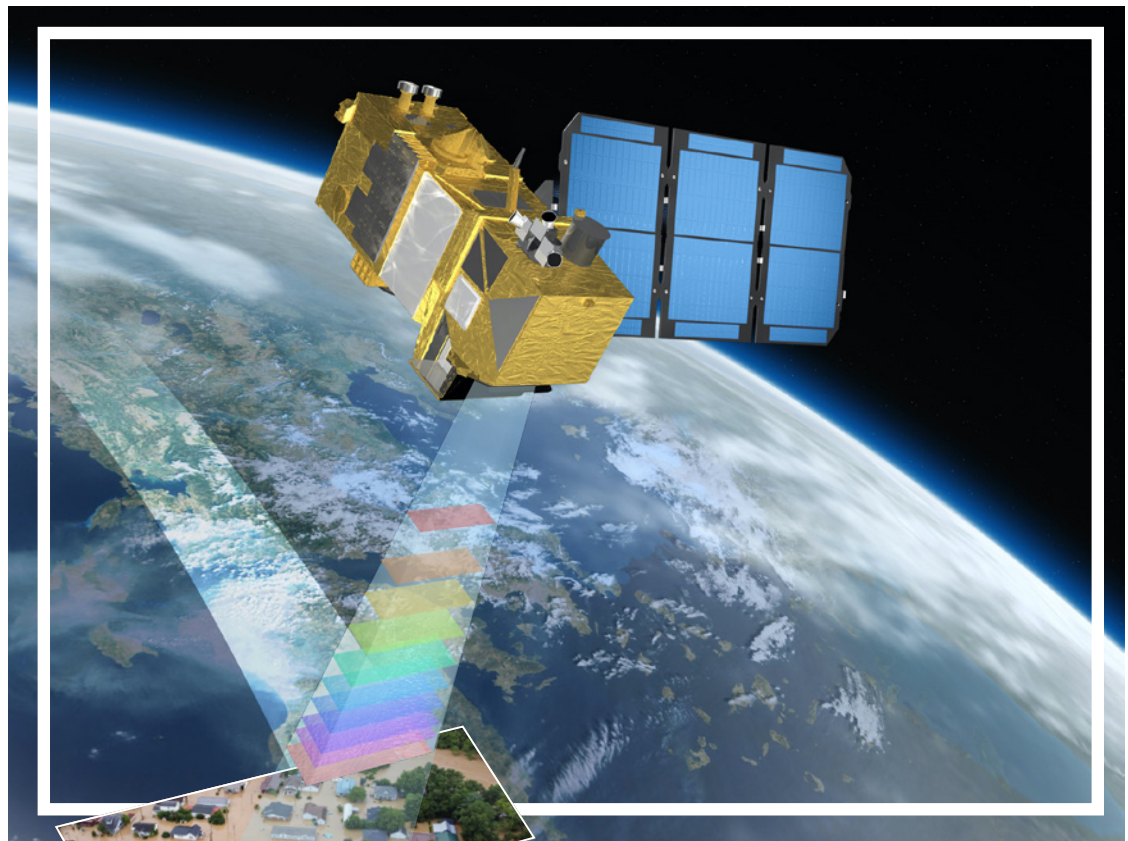
con il patrocinio di



13° Workshop tematico di Telerilevamento

TELERILEVAMENTO APPLICATO AI PROCESSI DI
CONOSCENZA E GESTIONE DEL TERRITORIO

*PROCESSAMENTO *CARTOGRAFIA *INFORMAZIONI *COSTI/BENEFICI



22-23 Settembre 2022

Bologna

Oratorio San Filippo Neri - Via Manzoni 5

A cura di

Elena Candigliota e Francesco Immordino

ENEA

Divisione Modelli e Tecnologie per la Riduzione degli Impatti Antropici
e dei Rischi Naturali.

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali.

SPONSORS





Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



Associazione
Italiana di
Telerilevamento



13° Workshop Tematico di Telerilevamento

Telerilevamento Applicato Ai Processi di Conoscenza e Gestione del Territorio

• Processamento • Cartografia • Informazioni • Costi / Benefici

Oratorio San Filippo Neri

Via Manzoni 5 - Bologna

22-23 Settembre 2022

Organizzazione

Gabriele Bitelli

Elena Candigliota

Francesco Immordino

Maria Teresa Melis

Livio Rossi

Patrizia Rossi

Comitato Scientifico

Gabriele Bitelli

Piero Boccardo

Elena Candigliota

Gherardo Chirici

Maria Antonietta Dessena

Donatella Dominici

Francesco Immordino

Emanuele Mandanici

Maria Teresa Melis

Livio Rossi

Alessandro Simoni

Massimo Zotti

Index

A European Coastal Flood Awareness System: il Progetto ECFAS	4
Armaroli Clara and the ECFAS team	
Copernicus Sentinel-2: habitat mapping per un uso sostenibile dell'ambiente marino nei paesi in via di sviluppo (Oceano Pacifico)	6
Barsanti M., Candigliota E., Delbono I., Immordino F., Moretti L., Peirano A	
Harmonisation of Sentinel and Landsat optical data for a combined use	9
Gabriele Bitelli, Emanuele Mandanici, Arianna Pagliarani, Francesca Trevisio ¹	
Integrating GEDI and Landsat for the analysis of forest disturbances and biomass changes in Italy	10
Costanza Borghi, Saverio Francini, Giovanni D'Amico, Elia Vangi, Francesco Parisi, Francesca Giannetti, Davide Travaglini, Elena De Santis, Gherardo Chirici	
Surface soil moisture estimate by Sentinel-1 data in agricultural fields over Marche region, Italy	12
Benedetta Brunelli, Michaela De Giglio, Elisa Magnani, Marco Dubbini	
Statistical assessment of irrigation water over wide areas by the use of ground and Sentinel-2 data	14
L. Angeli, P. Battista, M. Chiesi, L. Fibbi, B. Gozzini, Pieri M., B. Rapi, Maselli F.	
Remote sensing to support health monitoring of vulnerable forest environments: preliminary results on Norway spruce and Mediterranean pines in Italy	15
Giovanni D'Amico, Saverio Francini, Francesco Parisi, Elia Vangi, Costanza Borghi, Francesca Giannetti, Elena De Santis, Davide Travaglini, Rafael Da Silveira Bueno, Giovanna Sala, Tommaso La Mantia, Gherardo Chirici	
Capacity building per l'utilizzo delle risorse Copernicus	17
L. Apicella, M. De Martino, A. Quarati	
SAR and Multispectral data contribution to the monitoring of wetland ecosystems vulnerable to Climate Change	20
Dubbini Marco, De Giglio Michaela, Salvatori Chiara	
POMERIUM, un Sistema multi-tecnologico per il Monitoraggio Avanzato dei Beni Culturali	22
Manuela Ferri, Elena Francioni	
Verso un sistema integrato di monitoraggio delle foreste europee basato sul telerilevamento: i primi risultati del progetto European Forest Information Network (EFINET)	25
Saverio Francini, Giovanni D'Amico, Elia Vangi, Costanza Borghi, Francesca Giannetti, Davide Travaglini, Gherardo Chirici	
Multi-temporal DInSAR for investigation on structures 3D rigid motion	26
Francesca Grassi, Francesco Mancini, Elisa Bassoli, Loris Vincenzi	
40 anni di ricerche geoaologiche nella Penisola arabica. Un approccio da remoto	27
Romolo Loreto, Bruno Marcolongo	
The Envi Prisma toolkit	29
Andrea Marchesi, Stefano Gagliano	
Study for identification of methane sources in urban areas	30
Masin F., Maestri T., Martinazzo M.	
Environmental efficiency assessment of green infrastructure through remote sensing & GIS techniques	32
Stefania Pace, Vincenzo del Fatto, Roberto Loperfido, Ulrike Buratti, Elena Crescini	
Multispectral images to support the urban planning of the city	36
M. Alicandro, D. Dominici, N. Pascucci, S. Zollini	
New satellite-as-a-service paradigm for multi-node operations in space	38
Leonardo Amoruso, Cristoforo Abbattista, Vito Fortunato, Stefano Antonetti, Lorenzo Feruglio	
Regional-scale landslide investigation using conventional two-pass interferometry	39
A. Simoni, B. Bayer, N. Berni, P. Ciuffi, S. Franceschini, F. Ponziani	
Il programma ASI "SAR multi-missione e multi-frequenza" per lo sviluppo di algoritmi innovativi e l'integrazione di dati satellitari SAR a supporto di applicazioni di downstream scientifico	40
Deodato Tapete, Antonio Montuori, Fabrizio Lenti, Patrizia Sacco, Maria Virelli, Simona Zoffoli, Alessandro Coletta	
Is it possible to monitor multi-taxon biodiversity through Sentinel-2 time series analysis?	43
Elia Vangi, Francesco Parisi, Saverio Francini, Giovanni D'Amico, Francesca Giannetti, Marco Marchetti, Fabio Lombardi, Davide Travaglini, Sonia Ravera, Costanza Borghi, Elena De Santis, Roberto Tognetti, Gherardo Chirici	
I programmi dell'Agenzia Spaziale Italiana in ambito Osservazione della Terra	44
Maria Virelli, Francesco Longo	
New satellite-as-a-service paradigm for multi-node operations in space	47
Massimo Zotti	

A European Coastal Flood Awareness System: il Progetto ECFAS

Armaroli Clara* and the ECFAS team**

** Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali (BIGeA), Università di Bologna Alma Mater Studiorum (clara.armaroli2@unibo.it)*

*** Andrea Taramelli (Scuola Universitaria Superiore IUSS Pavia, IT), Adonis Velegrakis (University of the Aegean, GR), Emmanouela Ieronymidi (Planetek Hellas, GR), Josep Pardo Pascual (Universitat Politècnica de Valencia, ES), Angélique Melet (Mercator Ocean International, FR), Paolo Ciavola (Università di Ferrara-CFR, IT), Sebastien Delbour (Collecte Localisation Satellite, FR), Claire Dufau (Collecte Localisation Satellite, FR), Ruth Higgins (EUROCEAN, PT)*

Corresponding author: Armaroli Clara

Keywords: coastal risk, coastal flooding, storm surge, storm impact, early warning systems, Copernicus, remote sensing

1. Introduzione

L'uomo ha da sempre privilegiato le zone costiere per i propri insediamenti. Ciò ha portato ad un sovra sfruttamento delle risorse ambientali e ha favorito il degrado degli ecosistemi. Si stima infatti che la densità di popolazione nelle aree costiere sia tre volte maggiore del valore medio globale (Small and Nicholls, 2003). Inoltre, importanti attività socio-economiche e infrastrutture strategiche sono localizzate nelle aree costiere, vale a dire i porti e le infrastrutture ad essi collegate per il trasporto delle merci. L'impatto dei cambiamenti climatici e il probabile aumento dei fenomeni meteorologici estremi rendono i litorali particolarmente vulnerabili ed è sempre più impellente che la comunità scientifica contribuisca allo sviluppo di sistemi efficaci che permettano di avvisare le comunità costiere dell'approssimarsi di un evento potenzialmente disastroso.

2. Il progetto ECFAS

Il progetto EU H2020 "a proof of concept for the implementation of a European Copernicus Coastal Flood Awareness System" (ECFAS, GA n° 101004211, www.ecfas.eu) coordinato dallo IUSS di Pavia si pone l'obiettivo di estendere il servizio di gestione delle emergenze del programma Europeo Copernicus (Copernicus Emergency Management Service - CEMS, <https://emergency.copernicus.eu/>), attraverso l'implementazione di un sistema di preavviso delle alluvioni costiere e una valutazione del loro impatto a scala europea. CEMS include sistemi di avviso precoce e monitoraggio di eventi estremi a scala europea e, in particolare, per le alluvioni fluviali, la siccità e gli incendi. CEMS non include la componente di avviso per le alluvioni costiere. ECFAS ha l'obiettivo di dimostrare la fattibilità tecnica e operativa di un sistema di preavviso delle alluvioni costiere a scala Europea, sviluppando nuovi strumenti e integrando i dati e le applicazioni già disponibili nei servizi Copernicus.

Il progetto ECFAS include diverse componenti che si inseriscono nel ciclo di gestione delle emergenze. In particolare, ECFAS include la componente di pericolosità e fornisce previsioni fino a 5 giorni del livello massimo del mare a scala europea attraverso la modellistica numerica sviluppata all'interno del progetto e nel Servizio Marino di Copernicus (CMEMS, <https://marine.copernicus.eu/>). ECFAS ha inoltre identificato dei valori soglia del livello del mare per tutte le coste europee che possono innescare fenomeni di inondazione costiera e che sono utilizzati per attivare il sistema di avvertimento precoce. Sono state prodotte delle mappe di inondazione a scala europea (utilizzando il modello numerico LISFLOOD-FP) per diversi scenari di livello del mare e sono stati modellati, con un algoritmo implementato ad hoc, i probabili impatti su strutture, infrastrutture e sulla popolazione. Inoltre, ECFAS ha sviluppato un algoritmo semi-automatico per la mappatura della linea di riva da immagini satellitari multispettrali a media risoluzione (Sentinel e Landsat), al fine di valutare l'impatto delle mareggiate anche in termini di erosione delle spiagge. Tale informazione è necessaria per poter migliorare i prodotti messi a disposizione in CEMS e che riguardano la mappatura dell'impatto degli eventi estremi attraverso l'utilizzo di immagini satellitari (Figura 1).

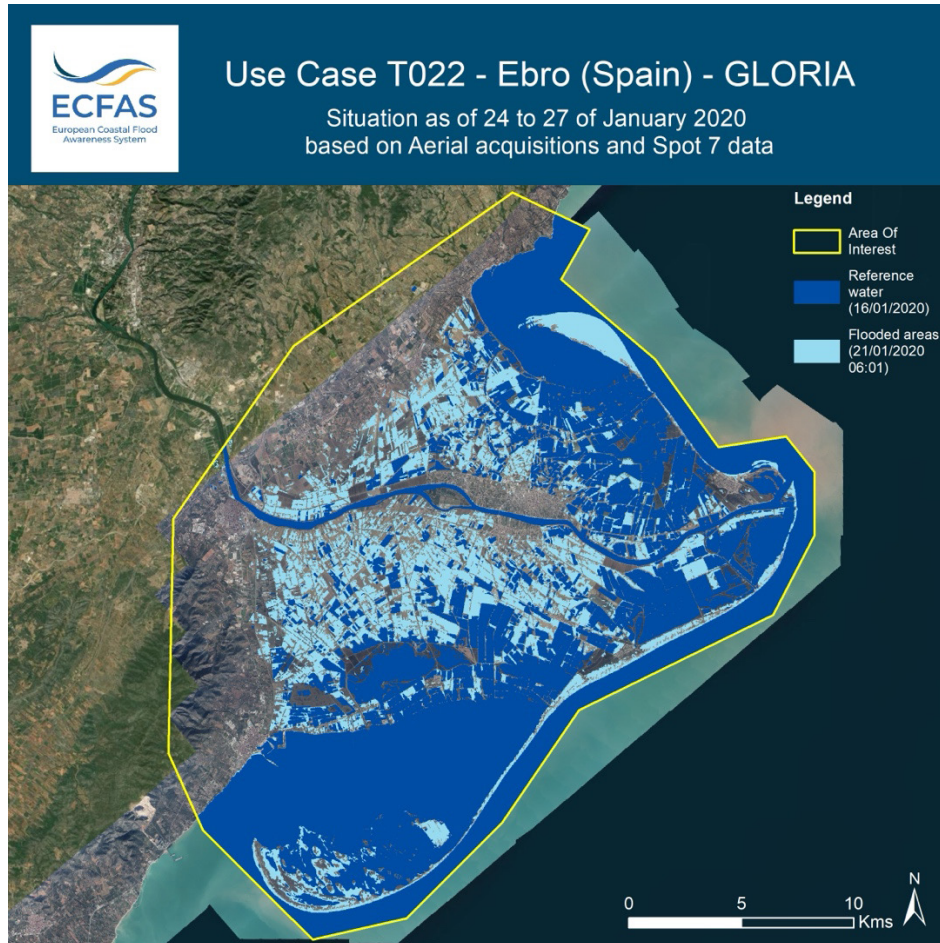


Figura 1: Impatto della tempesta Gloria (Gennaio 2020) nella zona del delta del fiume Ebro, Spagna. Mappatura delle aree allagate utilizzando immagini telerilevate da aereo (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), under a CC BY 4.0 license) e satellitari ad alta risoluzione SPOT 7 © Airbus DS (2020), provided under COPERNICUS by the European Union and ESA, all rights reserved. Immagine di sfondo ESRI World Imagery © Esri, DigitalGlobe, GeoEye, i-cubed, USDA FSA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community. Elaborazione immagini svolta da CLS (<https://www.cls.fr/en/>) specificatamente per il progetto ECFAS (www.ecfas.eu)

Bibliografia

Small, C., & Nicholls, R.J. (2003). A Global Analysis of Human Settlement in Coastal Zones. *Journal of Coastal Research*, 19(3), 584–599. <http://www.jstor.org/stable/4299200>

Copernicus Sentinel-2: habitat mapping per un uso sostenibile dell'ambiente marino nei paesi in via di sviluppo (Oceano Pacifico)

Barsanti M.¹, Candigliota E.², Delbono I.¹, Immordino F.², Moretti L.², Peirano A.¹.

1 Laboratorio Biodiversità e Servizi Ecosistemici -Centro Ricerche Ambiente Marino S. Teresa (La Spezia) ENEA

2 Laboratorio Tecnologie per la Dinamica delle Strutture e la Prevenzione del rischio sismico e idrogeologico – Centro Ricerche Bologna ENEA

Corresponding author:

Keywords: Copernicus, Sentinel-2, Marine habitat mapping, Coral reef.

1. Introduzione

L'utilizzo delle tecniche di Remote Sensing (RS) applicato con i satelliti Sentinel-2 del Programma Copernicus è una attività della Space Economy molto promettente per realizzare mappe ad alta risoluzione spaziale, per osservare da remoto e a grande scala i cambiamenti ambientali e la risposta degli ecosistemi.

Nell'ambito di un protocollo con il MiTE (Ministero della Transizione Ecologica), ENEA sta applicando queste tecnologie per lo sviluppo di una cartografia digitale dell'ambiente marino costiero in due distinti progetti negli arcipelaghi di Vanuatu e Tonga (Oceano Pacifico), minacciati dagli effetti del cambiamento climatico. In particolare, i due centri di ricerca ENEA (Bologna e La Spezia) sono impegnati nelle attività di telerilevamento e "habitat mapping" come centri Copernicus Relay a sostegno dell'Italia per i Paesi in Via di Sviluppo dell'Oceano Pacifico (Micronesia e Melanesia), secondo l'articolo 12 del protocollo di Kyoto.

Infatti, le barriere coralline e i loro ecosistemi associati, come le fanerogame e le mangrovie, sono minacciati dal riscaldamento globale, dall'acidificazione degli oceani, dall'innalzamento del livello del mare e dalle perturbazioni naturali sempre più intense e frequenti. Inoltre, le crescenti pressioni antropiche come il turismo, la pesca intensiva e l'urbanizzazione mettono in crisi enormemente la resilienza di questi habitat di pregio.

Oltre alla criticità ambientale, vi è anche una grande emergenza sociale ad essa associata. Infatti, la maggior parte della popolazione di questi arcipelaghi vulcanici vive lungo le coste delle isole ed il loro tenore di vita dipende essenzialmente dai servizi che questi ecosistemi forniscono: cibo, materiali da costruzione, protezione costiera e altri benefici. Ad esempio, le mangrovie, piante legnose sempreverdi tolleranti al sale, sono tra gli habitat più produttivi ed ecologicamente significativi perché forniscono numerosi beni e servizi alle popolazioni, quali la stabilizzazione delle coste, il mantenimento dell'equilibrio ecologico e della biodiversità, e la riduzione della concentrazione di anidride carbonica. Tuttavia, negli ultimi due decenni del XX secolo, circa il 35% delle foreste di mangrovie del mondo è scomparso.

Il futuro scenario climatico mondiale prevede che, nei prossimi decenni, la mortalità dei coralli possa raggiungere fino al 60% nelle aree dove sono presenti barriere coralline poco profonde. Inoltre, il fenomeno dello sbiancamento dei coralli è aumentato in frequenza e in intensità e l'azione degli uragani, la cui energia è aumentata rispetto ai decenni precedenti, sta mettendo a rischio le barriere coralline nelle acque meno profonde. I coralli ermatipici, caratterizzati da uno scheletro di carbonato di calcio, sono i più sensibili agli effetti del riscaldamento globale con conseguenze sulla loro abbondanza e distribuzione (Hoegh-Guldberg et al., 2007).

2. Metodi

Per la mappatura degli habitat marino-costieri degli arcipelaghi di Vanuatu e Tonga, ENEA ha utilizzato le immagini satellitari multispettrali dei satelliti Sentinel-2 del Programma Copernicus, lanciati in orbita nel 2015 (2A) e nel 2017 (2B). I sensori multispettrali montati su questi satelliti permettono di acquisire immagini con 13 bande che abbracciano diverse regioni dello spettro elettromagnetico, nel visibile/infrarosso e nella banda dell'infrarosso a onde corte (SWIR). Il processamento delle immagini Sentinel-2, tramite algoritmi sia di bibliografia (Roelfsema et al. 2018; Wang et al, 2018) che originali e con tecniche di fotointerpretazione, ha permesso di classificare i principali habitat delle barriere coralline (Reef crest, Reef flat, Back reef, ecc.) e la copertura delle mangrovie costiere (Fig. 1).

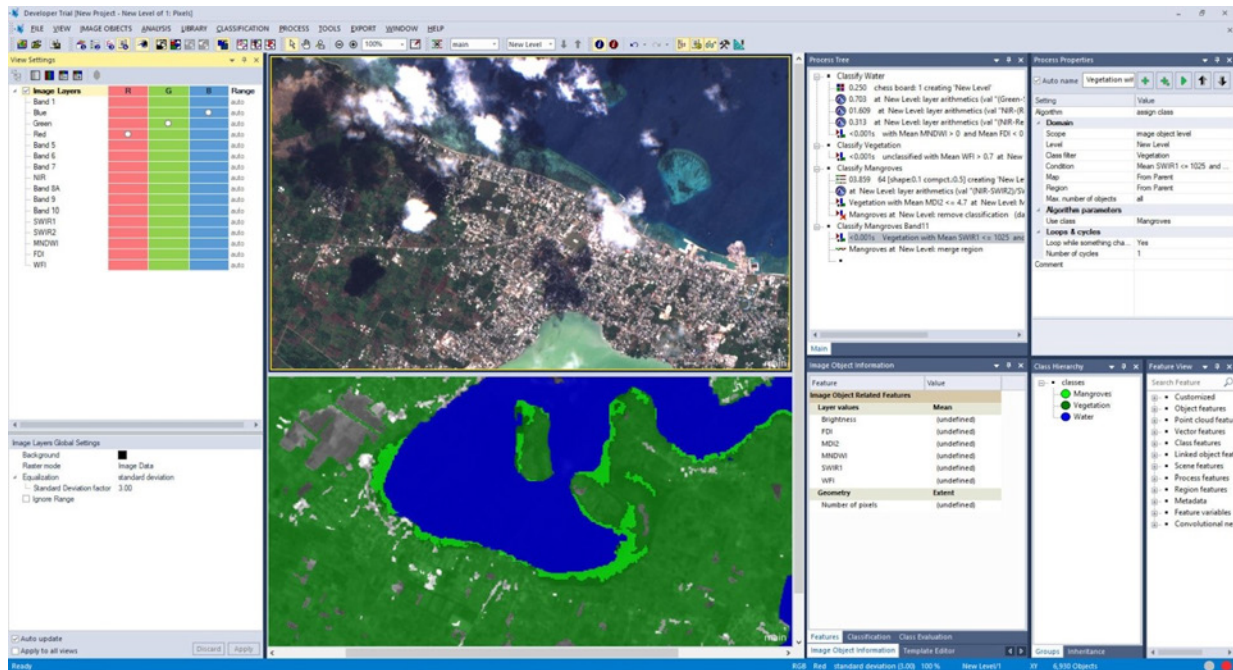


Fig. 1 - Interfaccia del software eCognition Developer (Trimble©) con l'immagine Sentinel-2 dell'isola di Tongatapu (Regno di Tonga, Oceano Pacifico). A sinistra: le diverse bande disponibili nell'immagine satellitare. Al centro: in basso la classificazione delle mangrovie dove il verde chiaro indica la copertura di mangrovie, sopra l'immagine satellitare; in alto, l'immagine di Sentinel-2. A destra: l'area di lavoro per la definizione e l'applicazione dell'algoritmo della classificazione delle mangrovie.

La cartografia digitale degli habitat marino-costieri degli arcipelaghi della Repubblica di Vanuatu e del Regno di Tonga è sviluppata nel diffuso formato vettoriale shapefile. Le elaborazioni create dai software di Remote Sensing, sono diventate dei file “shape”, il formato vettoriale di interscambio tra i software GIS. Il software GIS usato in questo progetto è QGIS, un software open-source potente e versatile.

La prima elaborazione fatta in QGIS è stata quella di creare una legenda unica per i 19 “Marine Habitat” e un'altra legenda per le 3 categorie dell'”Ecologica Quality Index”. Questi colori sono stati assegnati anche ad ogni poligono come campo testuale (codice esadecimale del colore). L'elaborazione è stata fatta con una procedura automatica.

Successivamente sono state impostate le aree da inserire nell'Atlante tramite dei poligoni rettangolari. È stato previsto di creare mappe in formato A3 con scala 1:100.000. Per inserire una mappa con questa scala dentro un foglio A3 sono stati creati tanti rettangoli di 32x28km che coprivano l'intera area di studio. Per Tonga un totale di 25 mappe e per Vanuatu 64 mappe complessive.

Ad ogni mappa è stato associato anche un diagramma a torta per visualizzare in modo dinamico la percentuale di area di ogni Habitat presente all'interno del riquadro. Per fare questo è stato utilizzato un plugin di QGIS, “Data Plotly”, che permette di visualizzare un diagramma sia nel GIS, sia nel Layout di stampa finale, rendendo il lavoro estremamente versatile e dinamico.

Per creare tutte le mappe è stata utilizzata una funzione di QGIS presente nel Layout di Stampa, l'”Atlante”. Questa funzione permette di impostare un unico Layout di stampa dinamico, nel nostro caso in formato A3, che carica ogni volta in sequenza una mappa diversa legata all'estensione dei rettangoli creati precedentemente, 25 per Tonga e 64 per Vanuatu. Nel Layout di stampa è stato inserito anche il diagramma a torte con la percentuale di area presente in quel riquadro. Infine, sono state inserite ulteriori informazioni per la mappa in modo dinamico, che cambiano automaticamente per ogni mappa, ad esempio la legenda, il numero, la posizione, etc. Con la funzione “Atlante”, un unico Layout per decine e decine di mappe.

Queste mappe sono esportabili in qualunque formato grafico ma anche nel formato GeoPDF (Fig. 2), un normale formato PDF con estensione GIS, apribile e interrogabile da Acrobat Reader e da altri software anche su Tablet o Smartphone (Avenza Maps, Paper Maps, etc.)

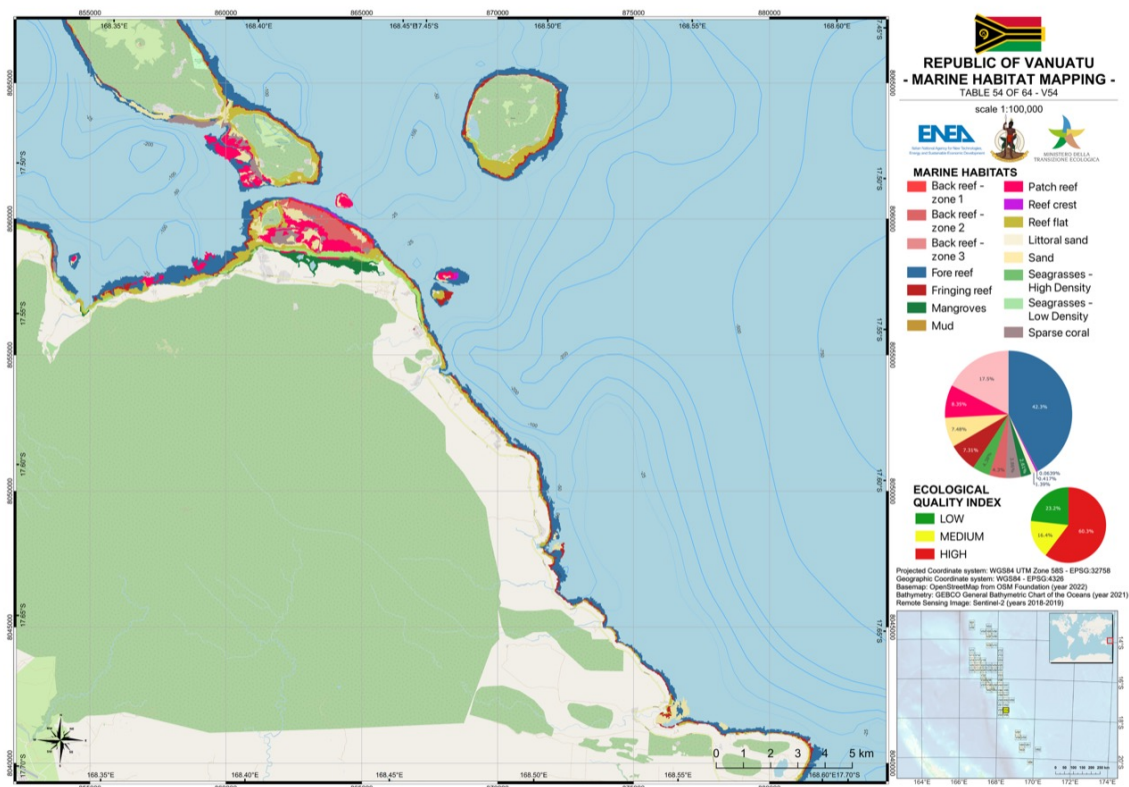


Fig. 2 - Mappa tematica esportata in formato GeoPDF

2. Conclusioni

Rispetto al campionamento mediante indagine sul campo, la mappatura degli habitat marino costieri e la valutazione dello stress ambientale per mezzo del RS è molto indicata sia in termini economici che cartografici (Andréfouët, 2005). Sebbene la mappatura tramite satellite degli elementi costituenti una barriera corallina non possa fornire il livello di accuratezza e dettaglio di un'indagine sul campo, questa tecnologia può estrapolare modelli cartografici su larga scala beneficiando di una copertura areale completa (Hedley et al., 2016). Inoltre, nel caso degli habitat a mangrovie, a causa dello speciale ambiente di crescita e delle loro fitte foreste, è difficile 'entrare' fisicamente in tali ambienti per effettuare rilevamenti e campionamenti estesi. Questa difficoltà è stata superata tramite il RS che fornisce un metodo accurato, efficiente e ripetibile nel tempo per mappare e valutare lo stato di salute di questo habitat importante, sia dal punto di vista ecologico che economico per le popolazioni locali.

Il modello cartografico vettoriale è implementato con diversi attributi che caratterizzano lo specifico habitat marino nella sua funzione ecosistemica come ad esempio la biodiversità, la produzione primaria, la capacità ittica, ecc. La definizione di questi parametri ha permesso di sviluppare un Indice di Qualità Ecologica (Ecological Quality Index, EQI) che, associato alla rilevanza ecologica di specifici habitat, è uno strumento fondamentale per aiutare la pianificazione e la gestione dello spazio costiero e di Aree Marine Protette Costiere.

Bibliografia

- Andréfouët S., 2005. Multi-scale remote sensing of coral reefs. In Remote Sensing of Coastal Aquatic Environments. Har, R.L., Miller, X., Del Castillo, C.E., Mckee, B.A., Eds.; Springer: Dordrecht, the Netherlands, pp. 297-315.
- Hedley J.D., Roelfsema C.M., Chollett I., Harborne A.R., Heron S.F., Weeks S., Skirving W.J., Strong A.E., Eakin C. M., Christensen T.R.L., Ticzon V., Bejarano S. and Mumby P. J. 2016. Remote Sensing of Coral Reefs for Monitoring and Management: A Review. Remote Sensing 8, 118: 1-40.
- Hoegh-Guldberg O., Mumby P.J., Hooten A.J., Steneck R.S., Greenfield P., Gomez E., Harvell C.D., Sale P.F., Edwards A.J., Caldeira K., et al. 2007. Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. Science, 318, 1737-1742.
- Roelfsema, C., Kovacs, E., Ortiz, J. C., Wolff, N. H., Callaghan, D., Wettle, M., Ronan, M., Hamylton, S. M., Mumby, P. J.; Phinn, S. (2018). Coral reef habitat mapping: A combination of object-based image analysis and ecological modelling. Remote Sensing of Environment, 208, 27-41.
- Wang D., Wan B., Qiu P., Su Y., Guo Q., Wang R., Sun F., Wu X. 2018. Evaluating the performance of Sentinel-2, Landsat 8 and Pléiades-1 in mapping mangrove extent and species. Remote Sensing, 10 (9), 1-27pp.

Harmonisation of Sentinel and Landsat optical data for a combined use

Gabriele Bitelli, Emanuele Mandanici, Arianna Pagliarani, Francesca Trevisio¹

*¹ Department of Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering (DICAM) – University of Bologna
viale del Risorgimento 2, 40136 Bologna*

Corresponding author: Emanuele Mandanici (emanuele.mandanici@unibo.it)

Keywords: Copernicus, Sentinel-2, Landsat-9

Abstract

The launch of Landsat-9 satellite in 2021 enhances the capabilities of Earth Observation at medium resolution in the optical spectrum domain. The combination of the two NASA's platforms (Landsat-8 and Landsat-9) and the two ESA's Sentinel-2 ones (A and B) provides an unprecedented coverage of medium spatial resolution images (between 10 and 30 meters) all over the world, with a revisiting time shorter than 3 days on average. The use of these instruments with a constellation approach increases not only the frequency of observations but also the possibility of gathering cloud free images, which is a known limit of the use of active sensors. Therefore, this combination offers a unique opportunity to create very dense time series, which can be used to analyse landscape dynamics and monitor natural and anthropogenic phenomena. This is also an opportunity to expand Copernicus services towards near real-time approaches.

From the radiometric point of view, Landsat and Sentinel are designed for a good interoperability. However, little differences exist in the relative spectral response function of the sensors, as well as in the processing algorithms adopted by the providers to generate higher level products, especially the atmospherically corrected ones. Therefore, in the perspective of a combined use of the four platforms, it is important to carefully analyse the radiometric differences in the images acquired over the same areas, in order to compensate for these effects and harmonise the data. This work presents the first results of the comparisons of some images from Sentinel and Landsat platforms acquired in a very short period of time over the same areas, which should present almost no real changes on land surface. Comparisons are also supported by some ground measurements with a field spectroradiometer.

References

- Mandanici, E.; Bitelli, G. Preliminary Comparison of Sentinel-2 and Landsat 8 Imagery for a Combined Use. *Remote Sens.* 2016, *8*, 1014. <https://doi.org/10.3390/rs8121014>
- Li, J.; Chen, B. Global Revisit Interval Analysis of Landsat-8 -9 and Sentinel-2A -2B Data for Terrestrial Monitoring. *Sensors* 2020, *20*, 6631. <https://doi.org/10.3390/s20226631>

Integrating GEDI and Landsat for the analysis of forest disturbances and biomass changes in Italy

Costanza Borghi^a, Saverio Francini^{a,c}, Giovanni D'Amico^a, Elia Vangi^{a,b}, Francesco Parisi^a, Francesca Giannetti^a, Davide Travaglini^a, Elena De Santis^a, Gherardo Chirici^{a,c}

a GeoLAB - Laboratorio di Geomatica Forestale, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze, Via San Bonaventura 13, 50145 Firenze, Italy

b Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise, Contrada Fonte Lappone, 86090 Pesche (Isernia), Italy

c Fondazione per il Futuro delle Città, Firenze, Italy

Corresponding author: costanza.borghi@unifi.it

Keywords: GEDI; Landsat; lidar; regeneration; forest disturbance; harvest; biomass

1. Introduction

Forests play a pivotal role in climate change mitigation since they act as a relevant carbon sink, absorbing a relevant amount of human carbon emissions. Natural disturbances, such as fires, insect outbreaks, and windthrows are an integral part of ecosystem dynamics in forests around the globe. However, due to climate change, forest disturbances are expected to increase in frequency and magnitude, altering forests capacity to absorb carbon. In this context, forest monitoring using all available sources of information is crucial.

Remote sensing (RS) data have a long history in mapping forest disturbances. Optical sensors, in particular, have been widely used to automatically map forest disturbances across the globe at different spatial scales through several different approaches. To overcome the issues related to the scarce accuracy in near-real-time disturbance detection, an algorithm specifically conceived for Mediterranean ecosystems was recently developed (3I3D), which resulted particularly accurate in Tuscany, compared to more traditional approaches such as the LandTrendr, the Global Forest Change map, and the Two Thresholds Method.

However, while optical sensors are useful for mapping forest disturbances, they are less useful for predicting tree heights. As a result, updated information related to tree height is often not available wall-to-wall and over large areas but is constrained in both time and space. Consequently, estimates of the magnitude and distribution of aboveground carbon in Earth's forests remain uncertain.

The Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) sensor offers unique opportunities to improve forest biomass mapping. Hence, GEDI products are provided at different preprocessing levels that allows the derivation of a variety of forest products, such as foliar canopy profiles, leaf area index (LAI), sub-canopy topography, and canopy height. While the potential of the GEDI sensor still needs to be further explored, an additional GEDI product was recently released (Level 4) consisting of Above Ground Biomass Density (AGBD) estimates for the period 18 April 2019 to 2 September 2020. Although GEDI Level 4 data is of great interest, to date, no studies exploiting these data have been developed.

This study aims to assess GEDI AGBD data across Italy and its use to study the rate of biomass increase following forest disturbances. First, we compared about four million AGBD data from GEDI pulses with ALS data available across Italy. Second, we mapped forest disturbances in Italy between 1985 and 2019 using Landsat imagery and 3I3D. Then, we analyzed about one million AGBD GEDI pulses for all years following predicted disturbances. A focus on coppice forest clearcuts was performed using a reference dataset of 10,000 ha forest harvestings created in Tuscany between 1999 and 2016.

2. Results and conclusions

Landsat data were confirmed as a relevant source of information for forest disturbance mapping, as forest harvestings in Tuscany were predicted with omission errors estimated between 29% (in 2012) and 65% (in 2001). GEDI was assessed using Airborne Laser Scanning (ALS) data available for about 6 Mha of Italian forests. A good correlation ($r^2 = 0.75$) between AGBD GEDI estimates and canopy height ALS estimates was reported.

GEDI data provided complementary information to Landsat. The Landsat mission is capable of mapping disturbances, but not retrieving the three-dimensional structure of forests, while our results indicate that GEDI is capable of capturing forest biomass changes due to disturbances. GEDI acquires useful information not only for biomass trend quantification in disturbance regimes but also for forest disturbance discrimination and characterization, which is crucial to further understanding the effect of climate change on forest ecosystems.

References

- Dubayah, R.; Blair, J.B.; Goetz, S.; Fatoyinbo, L.; Hansen, M.; Healey, S.; Hofton, M.; Hurtt, G.; Kellner, J.; Luthcke, S.; et al. The Global Ecosystem Dynamics Investigation: High-resolution laser ranging of the Earth's forests and topography. *Sci. Remote Sens.* 2020, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.srs.2020.100002>
- Duncanson, L.; Kellner, J.R.; Armston, J.; Dubayah, R.; Minor, D.M.; Hancock, S.; Healey, S.P.; Patterson, P.L.; Saarela, S.; Marselis, S.; et al. Aboveground biomass density models for NASA's Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) lidar mission. *Remote Sens. Environ.* 2022, 270, 112845. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112845>
- Francini, S.; McRoberts, R.E.; Giannetti, F.; Marchetti, M.; Mugnozsa, G.S.; Chirici, G. The Three Indices Three Dimensions (3I3D) algorithm: A new method for forest disturbance mapping and area estimation based on optical remotely sensed imagery. *Int. J. Remote Sens.* 2021, 42, 4693–4711. <https://doi.org/10.1080/01431161.2021.1899334>
- Francini, S.; McRoberts, R.E.; D'Amico, G.; Coops, N.C.; Hermosilla, T.; White, J.C.; Wulder, M.A.; Marchetti, M.; Mugnozsa, G.S.; Chirici, G. An open science and open data approach for the statistically robust estimation of forest disturbance areas. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2021, 106, 102663. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102663>
- Seidl, R.; Schelhaas, M.-J.; Lexer, M.J. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Glob. Chang. Biol.* 2011, 17, 2842–2852. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02452.x>
- Seidl, R.; Thom, D.; Kautz, M.; Martin-Benito, D.; Peltoniemi, M.; Vacchiano, G.; Wild, J.; Ascoli, D.; Petr, M.; Honkaniemi, J.; et al. Forest disturbances under climate change. *Nat. Clim. Chang.* 2017, 7, 395–402. <https://doi.org/10.1038/nclimate3303>
- Senf, C.; Seidl, R. Storm and fire disturbances in Europe: Distribution and trends. *Glob. Chang. Biol.* 2021, 27, 3605–3619. <https://doi.org/10.1111/gcb.15679>
- Trumbore, S., Brando, P., & Hartmann, H. (2015). Forest health and global change. *Science*, 349(6250), 814-818. <https://doi.org/10.1126/science.aac6759>

Surface soil moisture estimate by Sentinel-1 data in agricultural fields over Marche region, Italy

Benedetta Brunelli^{1*}, Michaela De Giglio¹, Elisa Magnani¹, Marco Dubbini¹

¹Department of History and Cultures (DiSCi)-Geography Section, University of Bologna, Via Guerrazzi 20, 40125 Bologna, Italy

Corresponding author: benedetta.brunelli@studio.unibo.it

Keywords: Surface soil moisture, agricultural fields, Sentinel-1, Google Earth Engine, Tu Wien model

1. Introduction

The surface soil moisture (SSM) parameter plays an essential role in soil-atmosphere interactions and greatly influences the global environment and human society. Its current and expected decrease in the Mediterranean region, one of the main “hot spots” of future climate changes, significantly threatens soil health and crops (EEA, 2017). Microwave remote sensing techniques, which exploit the correlation between liquid water and the dielectric properties of soil, are becoming a key tool in soil moisture retrieval, as they provide repeatable and homogeneous estimations over large areas on a regular recurrence cycle. Radiometers, such as the Soil Moisture and Ocean Salinity (SMOS), achieve SSM with a low spatial resolution (10 km), thus are not suitable for agricultural purposes. On the other side, thanks to the Synthetic Aperture technique, SAR data can achieve much higher resolution (<1 km) both in range and azimuth direction, but data are more difficult to interpret due to their high sensitivity to surface roughness, topography and vegetation effects (Panciera & Monerris, 2013). Therefore, different models have been developed to address this problem: 1) snap-shop models, which are grouped into theoretical (Fung & Chen, 1992), empirical (Oh et al., 1992; Zribi & Dechambre, 2003) and semi-empirical (Panciera & Monerris, 2013); 2) multi-temporal models, which use multiple acquisitions to minimize the effect of vegetation and roughness. Among these, the popular Tu Wien model, originally designed by the Wien University for Advanced Scatterometer (ASCAT) data, has been subsequently adapted to the characteristics of the Sentinel-1 constellation (Bauer-Marschallinger et al., 2018), developed by ESA to ensure continuity of C-band SAR acquisition with a temporal resolution of 6 days.

2. Methodology

In this study, a workflow in Google Earth Engine (GEE) was developed to estimate surface soil moisture in agricultural fields in the Marche region (central Italy), from 2015 to 2021. Agricultural areas were extracted with both Sentinel-2 optical and Sentinel-1 radar satellites. To improve the accuracy of the classifications, the use of Dual-Polarimetric Entropy-Alpha decomposition bands was investigated (Fig.1). The Marche region, extended for 9,344.49km², is characterized by hills that slope towards the Adriatic Sea, and rural territory, mostly planted with arable crops, in particular durum wheat (Istat, 2013).

The data used for this work are 1) Sentinel-2 1C data, already orthorectified and radiometrically corrected as they were ingested in GEE; 2) Sentinel-1 GRD data, also available in GEE, to which the Refined Lee Filter was applied, to minimize the effect of the speckle; 3) Sentinel-1 SLC data, pre-processed and decomposed in SNAP before being upload in GEE as GeoTIFF. The Entropy/Alpha decomposition (H/α) modified by Cloud and Pottier (1996) for dual polarimetric data was applied (Fig.1).

This dataset was used to extract agricultural surfaces using a Random Forest classifier. The training data were derived from a Land Cover Map

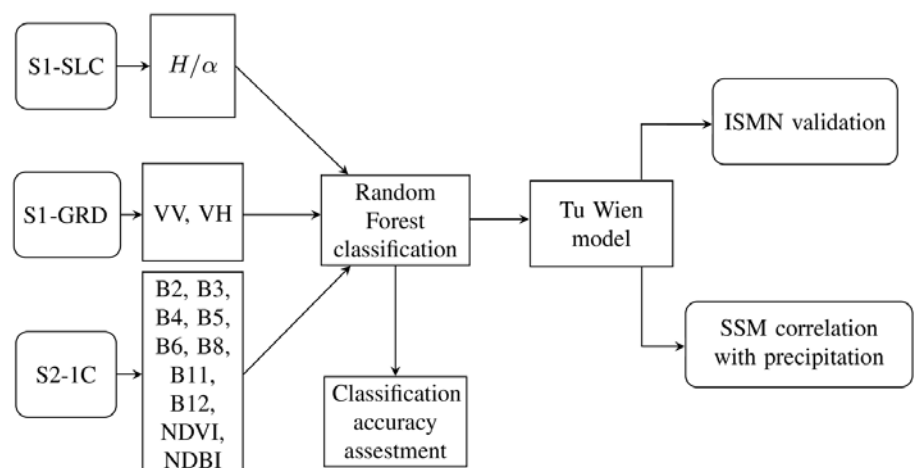


Figure 1: Workflow to extract agricultural areas and subsequently retrieve SSM in agricultural fields in the Marche region (Italy).

created by Marche region (2007). Then, to test if an acceptable accuracy is reached without in situ observations, the Tu Wien model was implemented in GEE (Fig.2) using calibration parameters derived from literature. Volumetric SSM is given by equation 1:

$$SSM = \frac{\sigma^0(\theta_{ref,t}) - \sigma_{dry}^0(\theta_{ref})}{\sigma_{wet}^0(\theta_{ref}) - \sigma_{dry}^0(\theta_{ref})} \cdot (SAT - WP) + WP \quad \left[\frac{m^3}{m^3} \right] \quad (1)$$

Where the minimum backscatter value registered in the time interval, $\sigma_{dry}^0(\theta_{ref})$, is assumed to be equal to the wilting point (WP), and set to 9%; 2) the maximum backscatter value registered in the time interval, $\sigma_{wet}^0(\theta_{ref})$, is assumed to be equal to the saturation point (SAT), set to 30%. In fact, beyond 30-35% any further increase in SSM does not correspond to an increase in radar backscatter (Gao et al., 2017).

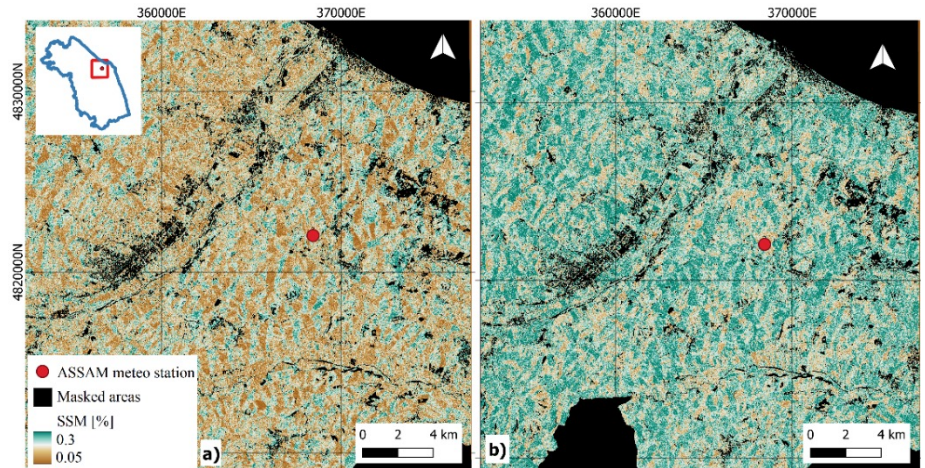


Figure 2: SSM maps from Tu Wien model retrieved from the acquisition of a) 01-08-2020; and b) 05-08-2020. An increase in SSM is shown due to precipitation (46.5mm) on 3-4 of August.

3. Results

The results show that the best classification results are obtained with the total dataset, obtaining a kappa index of 9.47. Despite radar data did not allow to reach the overall optical accuracy, Entropy and Alpha bands improved the kappa index obtained from the radar data only, exceeding optical accuracy in urban and water areas. The extraction of surface soil moisture using the Tu Wien change detection method was validated using the International Soil Moisture Network (ISMN) measurements, obtaining an RMDS of 9.4% and a bias of 0.193. It is considered an acceptable value (Bauer-Marschallinger et al., 2018). SSM correlation with precipitation was found to be 0.46, which is in line with the one obtained by Sehler (2019) for Mediterranean climate.

References

- Bauer-Marschallinger, B., Freeman, V., Cao, S., Paulik, C., Schaufler, S., Stachl, T., Modanesi, S., Massari, C., Ciabatta, L., Brocca, L., & Wagner, W. (2019). Toward global soil moisture monitoring with Sentinel-1: Harnessing assets and overcoming obstacles. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(1), 520–539. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2858004>
- Cloude, S. R. & Pottier, E. (1996). A review of target decomposition theorems in radar polarimetry. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 34(2), 498-518. DOI: 10.1109/36.485127
- EEA. (2017). European Environmental Agency. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report.
- Fung, A. K., Li, Z., & Chen, K. S. (1992). Backscattering from a randomly rough dielectric surface. *IEEE Transactions on Geoscience and remote sensing*, 30(2), 356-369. DOI: 10.1109/36.134085
- Oh, Y., Sarabandi, & K., Ulaby, F. T., et al., 1992. An empirical model and an inversion technique for radar scattering from bare soil surfaces. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 370–381. DOI: 10.1109/36.134086
- Panciera, R., & Monerris, A. (2013). Basis of an Australian radar soil moisture algorithm theoretical baseline document (ATDB) Monash University
- Sehler, R., Li, J., Reager, J., & Ye, H. (2019). Investigating relationship between soil moisture and precipitation globally using remote sensing observations. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 168(1), 106–118. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2019.03324.x>
- Zribi, M., & Dechambre, M. (2003). A new empirical model to retrieve soil moisture and roughness from C-band radar data. *Remote Sensing of Environment*, 84(1), 42-52. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00069-X](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00069-X)

L. Angeli, P. Battista, M. Chiesi, L. Fibbi, B. Gozzini, Pieri M., B. Rapi, Maselli F.

LaMMA Consortium, Via Madonna del Piano 10, 50019, Sesto Fiorentino

CNR – IBE, Via Madonna del Piano 10, 50019, Sesto Fiorentino

Abstract

Water is an essential resource for every-day life and its availability is a fundamental pre-requisite for the sustainable development of earth population. This is particularly the case for semi-arid regions, which, as a consequence of climate change, are also affected by a reduction of water availability and an increase of air temperature.

In these areas, a large amount of water is required also for agricultural purposes and, in order to promote a sustainable use of this natural resource, it is necessary to quantify this amount and define its impact on the water cycle of a certain area. Therefore, our investigation focuses on the need to quantify the total amount of irrigation water (IW) required over a growing season, in a specific area where annual crops are cultivated both in rainfed and irrigated conditions. Statistical approaches might be applied to infer IW measured at some fields to the whole investigated area. However, this approach implies the availability of a large number of field measurements which however might not be sufficient to fully characterize the area. There are in fact problems in defining the size of the sample, in identifying IW for some crops, etc.. One of the possible ways to overcome these issues and increase the precision of the ground sampling is by applying the regression (or ratio) estimator to independent datasets informative on IW. Specifically, this method can be applied to the IW maps which have been recently produced using meteorological data and Sentinel-2 MSI NDVI imagery. An example of this approach is provided in the Grosseto area ($10 \times 10 \text{ km}^2$) for the year 2018.

Remote sensing to support health monitoring of vulnerable forest environments: preliminary results on Norway spruce and Mediterranean pines in Italy

Giovanni D'Amico^a, Saverio Francini^{a,c}, Francesco Parisi^a, Elia Vangi^{a,b}, Costanza Borghi^a, Francesca Giannetti^a, Elena De Santis^a, Davide Travaglini^a, Rafael Da Silveira Bueno^d, Giovanna Sala^d, Tommaso La Mantia^d, Gherardo Chirici^{a,c}

^a GeoLAB - Laboratorio di Geomatica Forestale, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze, Via San Bonaventura 13, 50145 Firenze, Italy

^b Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise, Contrada Fonte Lappone, 86090 Pesche (Isernia), Italy

^c Fondazione per il Futuro delle Città, Firenze, Italy

^d Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche (STEBICEF), Università degli Studi di Palermo, Palermo (Italy)

Corresponding author: giovanni.damico@unifi.it

Keywords: biodiversity, drought, sustainable forest management, remote sensing, Sentinel-2, google earth engine

Introduction

Forests have provided human societies with essential ecosystem services and great economic values for centuries. Particularly, forests play a key role in mitigating greenhouse gases and fighting climate change. However, several environmental stressors threaten the integrity and ecological functionalities of forests. In recent decades, the increase of drought events and fires occurrence is negatively influencing forest health, causing dieback events and higher rates of mortality, especially in the Mediterranean environment. Moreover, both abiotic and biotic disturbances are expected to intensify in the coming years due to climate change, thus increasing forest susceptibility and probability of co-occurring damage events (i.e., windstorm occurrence during a bark beetle outbreak).

text and paragraph

Despite the moderate detectability of the occurrence of attacks, remotely sensed data are an efficient source of auxiliary information for identifying forest disturbance also at early stages of tree decay. Specifically, free and multispectral optical images from satellites, such as Sentinel 2, are good enough to map visible changes in forest. We presented an optimization of the semi-automated procedure for implementation in Google Earth Engine, 3i3D-GEE, for regional mapping of forest disturbances using data from the processing capacity of Google Earth Engine. Using Sentinel-2 imagery, our procedure was applied from 2016 to present in Italy, focusing on coniferous forests most susceptible to disturbances (Stone pine, *Pinus pinea* L., in central Italy, Norway spruce, *Picea abies* (L.) H. Karst., in the Alps, and Aleppo pine, *Pinus halepensis* Mill., in southern Italy). By using the proposed method, we highlight the potential of a simple and effective approach to predict and detect forest stressed areas, potentially associated with the diffusion of the bark beetle.

In this scenario of uncertainty, where such natural disturbances are expected to increase in terms of magnitude and frequency due to climate change, and thus interacting with each other, the early detection of disturbances, along with the study of the evolution of the attack, are ready-to-use tools aimed at promoting forest management to preserve vulnerable natural environments.

References

- Abdullah, H., Darvishzadeh, R., Skidmore, A. K., Groen, T. A., & Heurich, M. (2018). European spruce bark beetle (*Ips typographus*, L.) green attack affects foliar reflectance and biochemical properties. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 64, 199-209
- D'Amico G, Vangi E, Francini S, Giannetti F, Nicolaci A, Travaglini D, Massai L, Giambastiani Y, Terranova C, Chirici G (2021). Are we ready for a National Forest Information System? State of the art of forest maps and airborne laser scanning data availability in Italy. *iForest* 14: 144-154. – doi: 10.3832/ifor3648-014
- Francini, S., McRoberts, R. E., D'Amico, G., Coops, N. C., Hermosilla, T., White, J. C., ... & Chirici, G. (2022). An open science and open data approach for the statistically robust estimation of forest disturbance areas. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 106, 102663. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102663>

- Francini, S., McRoberts, R. E., Giannetti, F., Marchetti, M., Scarascia Mugnozza, G., & Chirici, G. (2021). The Three Indices Three Dimensions (3I3D) algorithm: a new method for forest disturbance mapping and area estimation based on optical remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 42(12), 4693-4711. <https://doi.org/10.1080/01431161.2021.1899334>
- Hlásny, T., Zimová, S., Merganičová, K., Štěpánek, P., Modlinger, R., & Turčáni, M. (2021). Devastating outbreak of bark beetles in the Czech Republic: Drivers, impacts, and management implications. *Forest Ecology and Management*, 490, 119075. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119075>
- Huo, L., Persson, H. J., & Lindberg, E. (2021). Early detection of forest stress from European spruce bark beetle attack, and a new vegetation index: Normalized distance red & SWIR (NDRS). *Remote Sensing of Environment*, 255, 112240. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112240>
- McDowell, N. G., Grossiord, C., Adams, H. D., Pinzón-Navarro, S., Mackay, D. S., Breshears, D. D., ... & Xu, C. (2019). Mechanisms of a coniferous woodland persistence under drought and heat. *Environmental Research Letters*, 14(4), 045014. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab0921>
- Nardi, D., Finozzi, V., & Battisti, A. (2022). Massive windfalls boost an ongoing spruce bark beetle outbreak in the Southern Alps. *L'Italia Forestale e Montana-Italian Journal of Forest and Mountain Environments*, 77(1), 23-34. <https://doi.org/10.36253/ilm-1617>
- Pollastrini, M., Puletti, N., Selvi, F., Iacopetti, G., & Bussotti, F. (2019). Widespread crown defoliation after a drought and heat wave in the forests of Tuscany (central Italy) and their recovery—A case study from summer 2017. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2, 74. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00074>
- Seidl, R., Rammer, W. Climate change amplifies the interactions between wind and bark beetle disturbances in forest landscapes. *Landscape Ecol* 32, 1485–1498 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0396-4>

Capacity building per l'utilizzo delle risorse Copernicus

L. Apicella, M. De Martino, A. Quarati

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Tecnologie dell'Informazione di Matematica Applicata (CNR-IMATI), Genova, Italia.

Corresponding author: demartino@ge.imati.cnr.it

Keywords: Copernicus Uptake, Sentinel data, Scenari Applicativi per EO

1. Abstract

Il programma Europeo Copernicus¹ una delle principali fonti di dati ed informazioni aperte sull'Osservazione della Terra (EO), è volto a sostenere importanti progressi sociali ed economici dell'Unione Europea. Copernicus fornisce una vasta quantità di dati satellitari acquisiti da sei missioni Sentinel, e sei tipologie di servizi che forniscono informazioni pronte per l'uso su sei tematiche: atmosfera, terra, clima, oceani e sicurezza. Nel contesto della Space Economy, per raggiungere questi obiettivi sono state intraprese iniziative di User Uptake finalizzate ad aumentare la consapevolezza, la divulgazione e la competitività di Copernicus per lo sviluppo di applicazioni a valle (downstream).

Nel seguito sintetizziamo alcuni dei risultati emersi dalle attività scaturite nell'ambito del progetto EO-UPTAKE² (11/2019 - 11/2021) finanziato dalla Regione Liguria, e dal suo follow-up, attualmente in essere. Il progetto, coordinato dall'Istituto IMATI del CNR e da GISIG, si è posto l'obiettivo di migliorare l'accesso e la fruizione delle risorse Copernicus e la loro integrazione nei Sistemi Informativi Territoriali e nelle infrastrutture di dati open, e quindi aumentare la diffusione delle competenze del programma Copernicus favorendo la collaborazione tra i due settori scientifico e produttivo. I risultati si sono concretizzati in una serie di linee guida su l'accesso, l'uso e l'integrazione dei dati di Copernicus per una comunità di utenti eterogenea [1]. L'attività si focalizza verso le applicazioni downstream funzionali alle esigenze di utenti istituzionali e della ricerca.

In particolare sono stati individuati i seguenti ambiti applicativi e sviluppati i relativi scenari d'uso [1]:

- Agricoltura di precisione per il monitoraggio dei vigneti. Lo scenario d'uso si è caratterizzato dal calcolo degli indici di vegetazione a partire da immagini ottiche acquisite dal satellite Sentinel-2, per valutare lo stato di salute dei vigneti. L'area di studio si trova nella provincia ligure di La Spezia all'interno della piana del fiume Magra, al confine con la provincia di Massa Carrara, dove i vigneti sono situati in zone pianeggianti. L'obiettivo è il monitoraggio estensivo delle colture per facilitare la gestione delle risorse a supporto degli agricoltori.
- Valutazione del rischio di alluvioni negli ambienti rurali. Lo scenario d'uso ha riguardato la classificazione di immagini ottiche di Sentinel-2 per ricavare le classi di copertura del suolo (con metodo di classificazione supervisionato) di un'area interessata dalla presenza di una diga e del lago artificiale di Osiglia. Tale valutazione è effettuata tramite l'integrazione con i dati sulle aree inondabili forniti da INPE, the National Institute for Space Research in Sao Jose dos Campos, in Brasile. È stata valutata l'accuratezza del metodo di classificazione e la sua replicabilità in un contesto più ampio. L'obiettivo è valutare il rischio per le attività antropiche, derivante da potenziali allagamenti per rottura o straripamento [2] dei suddetti invasi.
- Monitoraggio dell'effetto isola di calore superficiale. Lo scenario d'uso presenta una metodologia di valutazione dell'effetto isola di calore superficiale per l'estate 2020, notturno e diurno, nell'area della città metropolitana di Genova a partire dalle immagini termiche acquisite da Sentinel-3. L'obiettivo è fornire una stima della variazione termica dovuta alla presenza di agglomerati urbani a larga estensione [3].
- Derivazione delle batimetrie da immagini satellitari lungo la costa Ligure. Lo scenario utilizza una metodologia empirica per ricavare i valori di profondità del fondale dell'area costiera di La Spezia in Liguria a partire dalle immagini ottiche di Sentinel-2, effettuando la calibrazione con valori di profondità rilevati in situ. Tale lavoro si propone l'obiettivo di effettuare valutazioni qualitative sulla capacità di riprodurre i valori di profondità per classe di copertura del fondale (e.g. roccia, sabbia), e di fornire i coefficienti di calibrazione da applicare in aree costiere con caratteristiche simili, nel contesto di Regione Liguria [4].

¹ www.copernicus.eu

² www.gisig.eu/projects/eouptake

In tutti gli scenari sono stati utilizzati i servizi cartografici regionali disponibili in Open Data nel portale della Regione Liguria, per l'integrazione e l'arricchimento delle informazioni ottenute a partire dalle immagini satellitari.

I risultati dello sviluppo degli scenari applicativi evidenziano l'efficacia degli strumenti di download ed elaborazione messi a disposizione dal programma Copernicus [5]. Sono stati individuati i flussi operativi per la gestione dei dati, evidenziando le risorse necessarie per creare possibili applicazioni. Sono state inoltre documentate le attività e le competenze necessarie per un utente inesperto al fine di acquisire le conoscenze di base per beneficiare dell'uso.

2. Raccomandazioni per l'accesso ed uso delle risorse Copernicus

Le attività di progettazione e sviluppo degli scenari applicativi [2-5], unitamente all'analisi della letteratura sulle applicazioni a valle [6], hanno evidenziato una serie di pratiche, problemi e opzioni di attuazione, che riteniamo di interesse comune e che presentiamo, per supportare gli utenti finali nell'uso consapevole delle risorse dell'ecosistema Copernicus per lo sviluppo di applicazioni innovative basate su EO. La tabella seguente sintetizza una serie di raccomandazioni agli utenti finali per l'utilizzo delle risorse di Copernicus, evidenziando obiettivi operativi e le varie opzioni di attuazione. Una discussione approfondita di questi aspetti è stata presentata in [1]

Raccomandazione	Obiettivo	Implementazione/Opzioni
<i>Conosci le tue esigenze</i>	<i>Scegli i dati Copernicus adeguati alla specifica applicazione</i>	<i>Livelli di elaborazione dei prodotti Sentinel (ad es. 0, 1, 2), Prodotti Sentinel vs informazioni fornite da servizi di Copernicus, Prodotti Sentinel vs altre sorgenti di satelliti aperti (ad es. Landsat-8) o commerciale.</i>
<i>Le dimensioni contano</i>	<i>Identifica la sorgente di dati con adeguata risoluzione temporale e spaziale per lo studio del fenomeno analizzato</i>	<i>Selezione della giusta scala spaziale e temporale che descrive il fenomeno analizzato (es. planetaria, sinottica, mesoscala, microscala), Valutare il compromesso spazio/temporale.</i>
<i>Fai la cosa giusta</i>	<i>Comprendi gli aspetti specifici dell'attività e qualsiasi altra criticità del tuo scenario applicativo</i>	<i>Selezione di un set di campioni appropriato per la Classificazione supervisionata, Identificazione dei confini dell'area di studio per il calcolo degli indici, Attenzione all'effetto dell'orografia specifico dell'area di studio</i>
<i>Racconta una storia</i>	<i>Raccogli ed elabora diversi prodotti Sentinel per pratiche di rilevamento dei cambiamenti e monitoraggio in vari settori</i>	<i>Grandi intervalli di tempo per gli studi sui cambiamenti climatici (di solito da 20 a 30 anni di lunghezza), Fenomeni dinamici più rapidi (es. stagionali).</i>
<i>Mescola e abbina</i>	<i>Unisci i prodotti Copernicus con dati multi-temporale, multi-risoluzione o multi-sensore per una più efficace catene del valore dei dati EO</i>	<i>Dati in situ (ad es. UAV, droni, stazioni meteorologiche o altri sensori), Altre fonti di dati satellitari Dati del modello (ad es. idrologia o modelli meteorologici), Cartografia (ad es. layer vettoriali o raster da Open Geo-portali).</i>
<i>Conosci te stesso</i>	<i>Applicare approcci diversi a seconda dei livelli di competenze IT e RS, il grado di competenze di gestione dei dati geospaziali, e l'infrastruttura informatica disponibile</i>	<i>Capacità di elaborare dati grezzi o di alto livello, Strumenti idonei da scaricare (ad es. Copernicus Open Access Hub), elaborazione (es. SNAP, R, MATLAB) e presentazione dei risultati (ad es. QGIS), Disponibilità di piattaforme HW on premise, Cloud soluzioni (RUS, DIAS).</i>

Ringraziamenti

L'attività è stata finanziata dal Fondo Sociale Europeo, Regione Liguria 2014-2020, Asse 3, s.o. 10.5. Ringraziamo Roderic Molina e Silvia Gorni di GISIG (Genova) per la preziosa collaborazione come partner di progetto, InfoSolution S.p.A. in Genoa come soggetto sostenitore del progetto, e Bianca Federici e Ilaria Ferrando del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale (DICCA) dell'Università di Genova per la loro collaborazione nel follow up del progetto.

Bibliografia

1. L. Apicella, M. De Martino, A. Quarati, (2022), Copernicus User Uptake: From Data to Applications. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2022, 11, 121. <https://doi.org/10.3390/ijgi11020121>
2. L. Apicella, A. Quarati, S. Rosim and M. De Martino, User Uptake of Copernicus Resources: A Use Case for Land Monitoring, (2021) IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS, 2021, pp. 5688-5691, doi: 10.1109/IGARSS47720.2021.9554087.
3. L. Apicella, A. Quarati, and M. De Martino. 2021. Analysing the Surface Urban Heat Island Effect with Copernicus Data. In Electronic Government and the Information Systems Perspective: 10th International Conference, EGOVIS 2021, Virtual Event, September 27–30, 2021, Proceedings. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 61–72. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86611-2_5
4. L. Apicella, M. De Martino, A. Quarati, B. Federici, I. Ferrando, (2022), Impiego di immagini satellitari Sentinel-2 per la derivazione delle batimetrie costiere in Liguria. Space Economy and Blue Growth Workshop, ASITA 2022, Genova. <http://www.eo4geo.eu/download/08-impiego-di-immagini-satellitari-sentinel-2-per-la-derivazione-delle-batimetrie-costiere-in-liguria/?wpdmdl=9492>
5. L. Apicella, M. De Martino, A. Quarati, (2022), Exploiting Copernicus data via access hubs and processing tools, ASITA 2022 , CCIS , Genoa, Italy (to appear)
6. L. Apicella, A. Quarati, S. Gorni, R. Molina, M. De Martino, (2021), Copernicus Users Uptake: An Overview of Downstream Applications, 24th Italian Conference, CCIS, v 1507, ASITA 2021, Genoa, Italy, July 1-2, 9, 16, 23, 2021, Communications in Computer and Information Science, vol 1507. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94426-1_1

SAR and Multispectral data contribution to the monitoring of wetland ecosystems vulnerable to Climate Change

Dubbini Marco¹, De Giglio Michaela¹, Salvatori Chiara¹

Department of History, Cultures, Civilization (DiSci)-Geography Section, University of Bologna, Via Guerrazzi 20, 40125 Bologna,

Corresponding author: Marco Dubbini, marco.dubbini@unibo.it

Keywords: Wetlands · Remote Sensing · Climate Change · SAR · Multispectral

1. Abstract

Wetlands ecosystems support a significant percentage of the world's biodiversity and also provide a number of ecological services, such as carbon sequestration. These fragile ecosystems need to be monitored over time in order to better understand the ecological dynamics and changes within. The study areas are the marshland of the Ostiglia and Busatello marshes. Thus, geographic and climatic aspects have been investigated in order to better explain the dynamics of this ecosystem.

The aims of this study were: (i) the evaluation of satellite instruments and methods for monitoring the health state of wetland ecosystems and the impacts of Climate Change; (ii) the investigation of seasonal dynamics of this wetland. The temperature, precipitation and humidity trends have been analyzed from 2016 to 2021. Time series of spectral indices (NDVI, NDMI and NMDI) and backscatter (VV and VH) have been extracted in order to analyze the trends of seasonal variation. To better understand the backscatter variation, the correlation between spectral indices and backscatter have been computed.

2. Introduction

The term “wetland” refers to a region of the world that is wet, where are present both features of aquatic and terrestrial ecosystems. The wetland biome has a various nature, because are included all the “areas of marsh, fen, peat land, or water, whether natural or artificial, permanent or temporary, with water that is static or flowing, fresh, brackish or salt, including areas of marine water the depth of which at low tide do not exceed 6m” [1]. Several factors, such as climate, soil and topography influence the shape, size and structure of the different wetland types [2].

According to the last report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021), the solution to limit these climate changes would be the reduction of carbon dioxide emissions (CO₂) [3]. The report estimates that in the next decades, if the greenhouse gas emissions won't be seriously reduced, the global temperatures will rise above 1.5°C and the number of extreme climatic events will increase significantly [4].

Due to the variety of wetland types all over the world, some negative effects may be “customized” [5]. The ecological and hydrological impacts of Climate Change among wetland ecosystems depend on the wetland's dependency on the water supply. The effects of Climate Change are also affecting the waterfowl, because the changes in temperature and precipitation is altering their aquatic habitat [6].

Wetlands, when restored and not under disturbance, are considered important carbon sinks, because they store carbon and therefore help to mitigate the consequence of Climate Change. Wetland vegetation is a key element when studying wetlands, because they take up carbon via photosynthesis and build plant biomass, that accumulates in the soil as peat [7]. If damaged or drained, wetlands become a major source of greenhouse gas emissions thus releasing carbon to the atmosphere in form of the greenhouse gasses such as CO₂ (carbon dioxide) and CH₄ (methane). Their release is mainly caused by human disturbance, particularly by drainage, and is leading to the loss of all the carbon stored in the wetlands that accumulated over centuries [8–10].

The Ramsar Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat is an international treaty signed in Ramsar (Iran) in 1971 [11]. The mission behind this treaty is “the conservation and wise use of all wetlands through local and national actions and international cooperation, as a contribution towards achieving sustainable development throughout the world” [12]. The convention also recognizes the value of wetlands for many ecosystem services, such as Climate Change effects mitigation and for maintenance of biodiversity [13].

References

1. Matthews, G. V. T. (1993, March). The Ramsar Convention on Wetlands: its history and development. Ramsar Convention Bureau.
2. Keddy, P. A. (2010). Wetland ecology: principles and conservation.
3. Lahn, B. (2021). Changing climate change: The carbon budget and the modifying-work of the IPCC. *Social studies of Science*, 51(1), 3-27.
4. Erwin, K. L. (2009). Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and management*, 17(1), 71- 84.
5. Burkett, V., Kusler, J. (2000). Climate change: potential impacts and interactions IN wetlands OF the untted states 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 36(2), 313-320.
6. Winter, T. C. (2000). The vulnerability of wetlands to climate change: a hydrologic landscape perspective 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 36(2), 305-311.
7. Fennessy, M. S., Jacobs, A. D., Kentula, M. E. (2007). An evaluation of rapid methods for assessing the ecological condition of wetlands. *Wetlands*, 27(3), 543-560.
8. Kayranli, B., Scholz, M., Mustafa, A., Hedmark, °A. (2010). Carbon storage and fluxes within freshwater wetlands: a critical review. *Wetlands*, 30(1), 111-124.
9. Dawson, T. P., Berry, P. M., Kampa, E. (2003). Climate change impacts on freshwater wetland habitats. *Journal for Nature Conservation*, 11(1), 25-30.
10. Temmink, R. J., Lamers, L. P., Angelini, C., Bouma, T. J., Fritz, C., van de Koppel, J., ... van der Heide, T. (2022). Recovering wetland biogeomorphic feedbacks to restore the world's biotic carbon hotspots. *Science*, 376(6593), eabn1479.
11. Gardner, R. C., Davidson, N. C. (2011). The Ramsar convention. In *Wetlands* (pp. 189-203). Springer, Dordrecht.
12. Finlayson 1, C. M., Davidson 2, N., Pritchard 3, D., Milton 4, G. R., MacKay 5, H. (2011). The Ramsar Convention and ecosystem-based approaches to the wise use and sustainable development of wetlands. *Journal of International Wildlife Law Policy*, 14(3-4), 176-198.
13. Lovejoy, T. E. (2006). Climate change and biodiversity.

Manuela Ferri e Elena Francioni

e-GEOS spa

Corresponding author: Manuela Ferri

Keywords: Pomerium, Beni Culturali, Monitoraggio, SAR, RPAS, Drone, Digital Twin, Virtual Reality, Change Detection, 5G.

Introduzione

Pomerium è tra i progetti vincitori del bando dell’Agenzia Spaziale Europea “5G for l’Art” per l’utilizzo della tecnologia a favore dell’arte e dell’ambiente

Pomerium è stato realizzato da un consorzio di imprese ed enti scientifici sotto il coordinamento di e-GEOS. Società del Gruppo Leonardo specializzata in servizi ed applicazioni di remote sensing.

Lo scopo del progetto è stato quello di creare un Sistema multi-tecnologico per il monitoraggio avanzato dei Beni Culturali attraverso un mix di strumenti e metodologie adeguati al caso di studio. In particolare:

- Immagini da satellite SAR e ottico
- Immagini e riprese da drone
- Ambienti di Digital Twin per lo studio delle aree in modalità Realtà Virtuale
- Connettività veloce tramite rete 5G
- Sensoristica IOT in sito
- Modelli di simulazione e previsione
- Metodologia INSAR per l’analisi delle deformazioni da dati SAR

Le Aree di Interesse del progetto sono tutte localizzate nel centro storico di Roma, in particolare: Colosseo, Piramide Cestia e l’adiacente tratto di Mura Aureliane e del tracciato urbano del Tevere.

I servizi Pomerium per il monitoraggio dei Beni Culturali: scenari del Progetto

Il progetto Pomerium si è sviluppato su quattro scenari, relativi ad altrettanti potenziali situazioni di rischio per l’incolumità e la conservazione del Bene Culturale sotto osservazione:

- Movimenti del terreno e dei manufatti;
- Impatto delle attività antropiche;
- Presenza di vegetazione infestante;
- Inquinamento dell’aria.

La conoscenza di ognuno di questi quattro fenomeni è stata affrontata con il mix di tecnologie ritenuto più idoneo allo scopo ed ottenuto combinando strumenti diversi ma sinergici come immagini da satellite, riprese da sensori installati a bordo drone, sensoristica IOT in sito, Virtual Reality e modellistica avanzata, comunicazioni 5G.

Gli utenti di Riferimento del Progetto sono:

- Sovrintendenza Speciale Archeologia, Belle Arti e Paesaggio di Roma;
- Parco Archeologico del Colosseo;
- Soprintendenza Capitolina di Roma

Risultati

Il progetto ha portato alla costruzione di servizi e prodotti a valore aggiunto specifici per il monitoraggio dei Beni Culturali, nonché al setup specifico di strumenti innovativi per le analisi locali (e.g. sensori IoT, sensori bordo drone, etc.). I risultati derivati sono stati resi disponibili in formato 2D, 3D e Digital Twin e resi accessibili anche attraverso la piattaforma web AWARE, sviluppata da e-GEOS allo scopo di fornire un punto di accesso unico alle informazioni e in grado di fornire strumenti per ulteriori estrazioni di informazioni dai dati.

I servizi disponibili in Pomerium sono stati inoltre realizzati in modo da essere replicabili in altre aree, sulla base delle specifiche esigenze di sito. L'interoperabilità garantita dalla piattaforma di accesso permette interfacciamento e integrazione di sistemi e banche dati terzi (es. di proprietà degli Utenti) secondo specifiche regole (es. standard OGS). Di seguito alcuni esempi dei risultati.



Figura 1 - Analisi dei movimenti del terreno e delle infrastrutture da dati storici sul Colosseo

2. Impatto antropico: Questo scenario investiga la presenza di rifiuti e detriti lungo le banchine e l'alveo urbano del Tevere. I depositi di materiale disperso rappresentano un pericolo per la stabilità dei ponti storici in quanto, in caso di piena, possono ostruire le ridotte luci di tali ponti e bloccare il regolare deflusso delle acque, creando problemi di stabilità alle murature.

Figura 2 - Analisi dell'impatto antropico sul Tevere (da fotointerpretazione di riprese da drone)

4. **Qualità dell'aria:** L'inquinamento dell'aria e la presenza di agenti chimici e di particolato rappresentano uno dei maggiori pericoli per i Beni Culturali esposti in ambiente urbano. Attraverso l'integrazione di dati da sensori IOT in campo e di un seti di modelli dedicati, Pomerium è in grado di modellare la dispersione degli inquinanti in prossimità dell'oggetto esposto e di predire i livelli di degradazione stimati per i materiali superficiali.

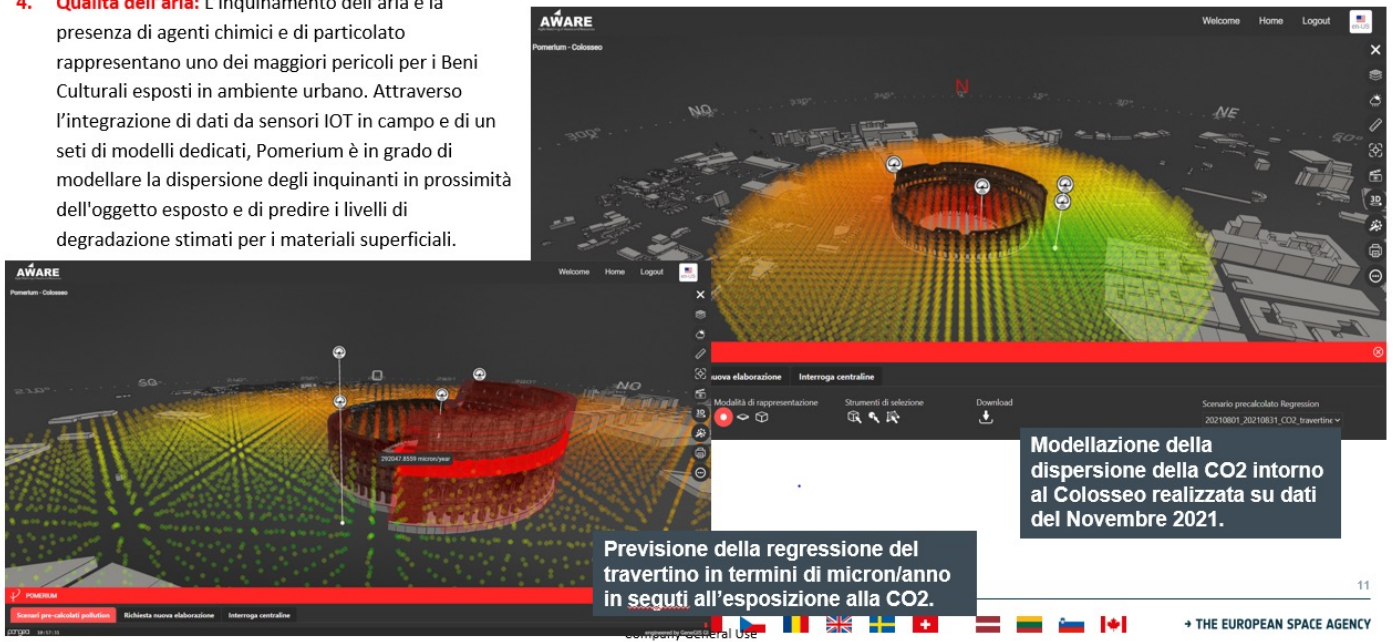


Figura 3 - Analisi della dispersione degli inquinanti in aria e dell'impatto sulle superfici esposte

References

- Progetto Arcadia 4.0 - 3D integrated system for the Colosseum (2014-2015)
- Il progetto ha previsto una piattaforma dimostrativa per promuovere la conservazione e il turismo e per lo sviluppo di un business model per l'area archeologica del Parco del Colosseo.
- Progetto HERACLES H2020-DRS-2015 per il disegno e la realizzazione di un sistema multi-tecnologico per il monitoraggio e la salvaguardia dei Beni Culturali dagli effetti del cambiamento climatico.
- Progetto Liberalità Pompei (2014-2016). Il progetto ha previsto l'erogazione di servizi a supporto della gestione del Parco di Pompei secondo alcune linee principali, tra cui l'analisi del dissesto che ha portato all'erogazione di servizi di interferometria satellitare sul sito con monitoraggi periodici e modelli sintetici 3D del sito stesso, entrambi erogati attraverso una piattaforma di analisi dei dati stessi.
- Servizio di interferometria satellitare per il Parco Archeologico del Colosseo (2018-2020): erogazione di analisi interferometrica di Reference e aggiornamenti nell'ambito dei monitoraggi sul parco durante la realizzazione del tratto della Metro C in prossimità dei Fori Imperiali.

Verso un sistema integrato di monitoraggio delle foreste europee basato sul telerilevamento: i primi risultati del progetto European Forest Information Network (EFINET)

Saverio Francini^{a,c}, Giovanni D'Amico^a, Elia Vangi^{a,b}, Costanza Borghi^a, Francesca Giannetti^a, Davide Travaglini^a, Gherardo Chirici^{a,c}

^aGeoLAB - Laboratorio di Geomatica Forestale, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze, Via San Bonaventura 13, 50145 Firenze, Italy

^bDipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise, Contrada Fonte Lappone, 86090 Pesche (Isernia), Italy

^cFondazione per il Futuro delle Città, Firenze, Italy

Le foreste sono un ecosistema fondamentale in Europa e svolgono un ruolo vitale per i cittadini e per l'ambiente, in particolare per combattere il riscaldamento climatico. Tuttavia, la mancanza di un sistema di monitoraggio forestale paneuropeo rappresenta una grave lacuna di informazioni che deve essere colmata. Ad oggi, gli inventari forestali nazionali rimangono la principale fonte di dati per la produzione di statistiche ufficiali in Europa, ma con molteplici limitazioni: mancanza di standardizzazione dei dati e delle procedure adottate e quindi impossibilità di comparabilità delle stime tra le nazioni, aggiornamenti delle statistiche irregolari, costi elevati di raccolta dei dati e difficoltà di accesso ai dati stessi.

D'altra parte, vi è oggi un'enorme quantità di immagini telerilevate, distribuite gratuitamente e in tempo reale da numerose missioni satellitari. Questi dati, insieme al recente avvento delle piattaforme di calcolo in cloud, aprono nuove possibilità per la generazione di informazioni sulle foreste europee e sulle loro dinamiche temporali. Infatti, l'European Forest Institute ha recentemente finanziato il progetto European Forest Information Network (EFINET), il quale ha lo scopo di sviluppare un sistema per il monitoraggio delle foreste europee sfruttando anche i dati satellitari. L'approccio EFINET si basa sullo studio di serie temporali di immagini telerilevate per la generazione di stime accurate, annuali e paneuropee delle variabili forestali di maggiore interesse. Tra queste, le principali sono altezza e diametro degli alberi, copertura della chioma, biomassa, volume e contenuto di carbonio. La generazione di mappe di queste variabili richiede dati di riferimento ben distribuiti in tutta Europa. A tale scopo utilizziamo dati lidar, una fonte di informazioni importante e disponibile per vaste aree. EFINET sarà implementato in diverse aree test (Italia, Paesi Bassi, Norvegia, Svezia e Svizzera) e sfrutterà la potenza di calcolo e la disponibilità di dati satellitari fornite dalla piattaforma di calcolo in cloud Google Earth Engine (GEE).

Multi-temporal DInSAR for investigation on structures 3D rigid motion

Francesca Grassi^a, Francesco Mancini^a, Elisa Bassoli^a and Loris Vincenzi^a

^a *Department of Engineering 'Enzo Ferrari', University of Modena and Reggio Emilia*

francesca.grassi94@unimore.it; francesco.mancini@unimore.it; elisa.bassoli@unimore.it; loris.vincenzi@unimore.it

Keywords: multi-temporal DInSAR, Persistent Scatterer Interferometry, structural monitoring, 3D rigid motion

Abstract

Satellite radar interferometry is an effective technique for different applications such as ground deformation and instability processes monitoring thanks to its ability to depict the displacement time series of ground targets with accuracy of 1-2 mm/yr. In the last years, the launch of high-resolution Synthetic Aperture Radar (SAR) satellite constellations with a short revisit time enabled the application of satellite interferometry for structure and infrastructure monitoring purposes. Within this framework, the main focus of this work is the investigation of the potentialities of multi-temporal DInSAR techniques to the structural monitoring tasks of building. The developed procedure aims at the reconstruction of the 3D rigid motion of isolated buildings from the response of a group of scatterers and is complemented by an error model to assess the uncertainties level on motion parameters. To this aim, the methodology takes into account the uncertainties affecting the displacement measurements detected from dual-orbit SAR measurements and expected errors in the positioning of scatterers.

The proposed method was tested on real SAR data. To this aim, a dual-orbit COSMO-SkyMed dataset was processed with a SNAP-StaMPS open-source routine complemented by in-house procedures including the constraint to a global reference frame. Furthermore, since the accurate 3D positioning of the targets at the ground is a fundamental requirement for structural monitoring purposes, a procedure for the computation of the topographic error of each target and the subsequent planimetric coordinates correction has also been developed.

The results of the analysed case study show that the detectable 3D motion parameters are in the order of some mm/yr and some mrad/yr for displacement and rotation respectively with corresponding accuracies smaller than one order of magnitude.

Acknowledgments and fundings: The methodology adopted in the present research was developed in the frame of the FAR Mission Oriented 2021 Project (Satellite Methods for Structural Monitoring, SM4SM, contract E95F21002900007). The financial support of the University of Modena and Reggio Emilia and the "Fondazione di Modena" is gratefully acknowledged.

40 anni di ricerche geoarcheologiche nella Penisola arabica. Un approccio da remoto

Romolo Loreto & Bruno Marcolongo

Università di Napoli L'Orientale & CNR

Corresponding author: rloreto@unior.it bm.bruno.marcolongo@gmail.com

Keywords: geomorfologia, archeologia, geoarcheologia, Penisola Arabica, metodologia della ricerca archeologica

1. Introduzione

È apparso sempre più evidente nel corso degli studi degli ultimi decenni che le varie emergenze archeologiche, con particolare riguardo ai siti insediativi, per essere comprese nella loro formazione, successivo sviluppo e finale decadenza ed abbandono, devono essere collocate spazialmente in rapporto alle forme del paesaggio e alle risorse naturali coeve, ovvero alle condizioni fisico ambientali del passato che sovente non corrispondono a quelle del presente.

Generalmente ogni progetto archeologico prevede una fase preliminare di studio da remoto del contesto da esaminare, ma non sempre questa analisi viene condotta su immagini satellitari ad alta risoluzione per la definizione del paleo-ambiente, laddove molto più frequentemente si utilizzano carte topografiche moderne o geologiche, che definiscono un territorio come appare oggi. Al contrario, il potenziale informativo delle immagini satellitari è in grado di contribuire, assieme alle capacità interpretative del telerilevatore, a definire il quadro paleo-ambientale e dunque l'esatto contesto temporale di un sito archeologico.

A tale riguardo risulta particolarmente utile comprendere le cause morfogenetiche (geologiche e climatiche) che sono responsabili delle modificazioni del territorio, anche per eventuali interventi di salvaguardia e restauro delle emergenze medesime come nel caso di processi di alterazione salina, movimenti di deformazione superficiale, erosione o franamenti. Così questo tipo di approccio geoarcheologico non solo contribuisce alla ricostruzione del passato di un sito, ma altresì fornisce gli elementi decisionali e gestionali per la sua protezione e conservazione nel futuro.

2. METODOLOGIA

L'idea progettuale, che si basa sull'interazione tra archeologia, geomorfologia, geologia e toponomastica antica, si inserisce nel solco tracciato da 40 anni di attività archeologiche delle missioni de "L'Orientale" nella Penisola arabica, a partire dallo Yemen, e dunque si fonda su una metodologia di telerilevamento oggi testata sia in contesti nordarabici, per le geo-localizzazione dei siti preistorici in aree logisticamente inaccessibili o per il riconoscimento di antiche vie carovaniere, sia in contesti omaniti, in particolare per l'identificazione delle oasi urbane in contesti montuosi del I millennio a.C. Si tratta dunque di mettere in campo un modello predittivo basato sul riconoscimento geomorfologico di elementi salienti del paleo-ambiente che, in passato, possano aver attratto o orientato l'uomo e a cui sono associati i siti archeologici. Fondamentale è dunque l'acquisizione di riprese satellitari ad alta risoluzione e l'interazione tra un expertise geomorfologico in grado di descrivere le forme del paesaggio antico e un expertise archeologico in grado di riconoscere e interpretare le evidenze antropiche, che operino contestualmente attraverso il telerilevamento. Tale modello predittivo, talvolta alternativo alle prospezioni sul campo (come è stato in epoca pandemica da Covid-19) è dunque da svolgere in questa prima fase esclusivamente in via telematica. I lavori delle missioni de "L'Orientale" in Arabia, nonché la letteratura specialistica di riferimento, dimostrano quanto tale approccio da remoto sia efficace e come tutti i dati raccolti, gestiti in un sistema applicativo integrato (Quantum GIS), possano generare carte tematiche archeologiche open source.

References

- Loreto, R. 2012. New Neolithic evidence from the al-Jawf region: an outline of the historical development of Dūmat al-Jandal. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies*, 43: 213-224.
- Loreto, R. 2020. A Late Iron Age settlement at wādī banī Ḥālid. First season of the joint Omani-Italian archaeological project. *Arabia Archaeology and Epigraphy*, 31(2): 365-392.
- Marcolongo, B. 1983. Late Quaternary Nile and hydrology of the Khartoum-Sabaloka region (Sudan). *Origini*, 12: 39-46.
- Marcolongo, B. 1987. Natural resources and palaeoenvironment in the Tadrart Acacus: the non climatic factors determining human occupation. In Barich, B.E. (ed.) *Archaeology and Environment in the Libyan Sahara, The excavations in the Tadrart Acacus 1978-1983*, British Archaeological Revue (B.A.R.) International Series, 368: 269-282.
- Marcolongo, B. 1988. Esempi di impiego di immagini da satellite a scopi archeologici. Contenuto semantico delle informazioni ottenute da satellite nelle ricerche archeologiche. *Télétection et Cartographie Thématique en Archéologie, Notes et Monographies Techniques C.R.A.*, 18: 171-202.

- Marcolongo, B. 1994. Le périmètre irrigué, grenier de l'antique Yathil, et le déplacements du wâdi Majzir. *Saba*, 1: 60-62.
- Marcolongo, B. 1996. Modelli di utilizzo delle risorse idriche nello Yemen interno dall'età del Bronzo al periodo Sudarabico. *Arabia Antiqua*, Serie Orientale, 70: 179-187.
- Marcolongo, B. 2004. Geomorphology applied to Archaeology in Yemen. In Antonini, S., Shohlan, A. & Arbach, M. (eds.), *Sabaeen Studies: Archaeological, Epigraphical and Historical Studies in honour of Yusuf Abdallah, Alessandro de Maigret and Christian J. Robin on the Occasion of their 60th Birthdays*, I.U.O., Napoli - Sana'a: 10-43.
- Marcolongo, B. & Morandi-Bonacossi, D. 1997. L'abandon du système d'irrigation qatabanite dans la vallée du wadi Bayhan (Yémen) : analyse géo-archéologique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 325: 79-86.
- Marcolongo, B. & Palmieri, A.M. 1988. Environmental modification and settlement conditions in the Yala area (Yemen). In de Maigret, A. (ed.) *The Sabaeen archaeological complex in the Wadî Yalâ (Eastern Hawlân at-Tiyâl, Republic of Yemen)*, Reports & Memoirs, 21, ISMEO, Roma: 45-53.
- Marcolongo, B. & Palmieri, A.M. 1990. Paleoenvironment history of western Al-A'rus, The Bronze Age culture of Hawlân At-Tiyâl and Al-Hadâ (Republic of Yemen). In de Maigret, A. (ed.) *The Bronze Age Culture of Hawlân at-Tiyâl and Al-Hadâ (Republic of Yemen)*. A first general report, Reports and Memoirs, 24, Roma: 137-144.
- Marcolongo, B. & Palmieri, A.M. 1992. Paleoenvironment and Settlement Pattern of the Tihâmah Coastal Plain (Republic of Yemen). *Yemen*, 1: 117-123.

The Envi Prisma toolkit

Andrea Marchesi, Stefano Gagliano

Harris Geospatial Solutions Italia

Corresponding author: andrea.marchesi@l3harris.com

Keywords: PRISMA, ENVI®, RPCs, Geometric correction

Abstract

PRISMA (Hyperspectral Precursor of the Application Mission), launched on March 22nd, 2019, aboard a VEGA carrier, is an innovative Earth Observation mission fully funded by the Italian Space Agency (ASI) that will provide high quality hyperspectral products. Science and users' community will benefit of the information provided by this data, to develop new algorithms and applications in the fields of hyperspectral remote sensing.

To obtain geographic spatial information from satellite imagery, the generation of data products derived from different sensors of multiples satellites with varied resolutions is a crucial step, and the geometric accuracy of these products could impact on a series of subsequent analyses and decisions. The satellite-based Earth Observation market is rapidly growing, therefore new methods to manipulate various image products at different levels with high geometric accuracy from satellite imagery are needed.

ASI declared a geometric localization error (CE90) of PRISMA data better than 200m (15m with GCPs): this is not enough for a good quality multi-source data integration, management and analysis for many geomatic applications. L3Harris Geospatial Solutions developed a new fully automated method, which can be used for refining the RPC supplied by the imagery vendor, with the intention to achieve better geometric accuracy.

It has been found that the RPCs can be refined in the domains of image space when additional ground control points (GCPs) are available. Our approach utilizes image matching algorithm between PRISMA and Sentinel-2 images and uses the retrieved points coordinates as GCPs for refining the RPCs supplied by ASI. Our tests, after orthorectification process using the new RPCs refined has been accomplished, have demonstrated a final geolocation error up to 1 pixel (measured as relative error with respect to Sentinel-2 image).

A set of specific analytics (ENVI PRISMA Toolkit) for geometric correction of PRISMA L2B and L2C data products has been implemented in ENVI® software and shared to users via GitHub.

Study for identification of methane sources in urban areas

Masin F. ⁽¹⁾, Maestri T. ⁽¹⁾, Martinazzo M. ⁽¹⁾

(1) Physics and Astronomy Department, University of Bologna

Corresponding author: Masin Fabrizio (fabrizio.masin2@unibo.it)

Keywords: PRISMA, methane, greenhouse gas sources

1. Introduction

The identification of methane sources is critical for defining the mitigation policies for climate change and energetic management.

An efficient way to achieve it on a large scale is the exploitation of satellite measurements which allow to cover extensive areas that cannot be achieved by in-situ monitoring systems and are characterized by more frequent revisiting time than airborne techniques [1].

Multispectral [2] and hyperspectral [3] sensors, in particular, are currently used for the detection of large point emissions in relatively homogenous areas [4][5][6], due to their capability in investigating spectral regions which are both sensitive and not to methane radiation absorption.

2. Text and paragraph

Recently deployed satellite missions can achieve high enough spatial resolution to identify the emission sources of specific greenhouse gases while maintaining the required spectral capability for trace gas identification.

In this project ASI's hyperspectral sensor PRISMA [7] is tested for the identification of enhanced concentration of methane, in the atmospheric boundary layer, in heterogeneous environments such as urban areas.

The adopted methodology (based on "matched filter" [8]) has already proven to be effective in the detection of the sources of large anthropogenic methane emission (i.e. coal mines and gas and oil ducts) in rather homogeneous area such as deserts.

The application of the method to observations of complex environments and in presence of lower emissions is proved to be challenging. The matched filter is based on the idea that each input spectrum can be expressed as the perturbation of an average radiance spectrum by a change in the methane column concentration.

The metropolitan and surrounding area of Bologna is taken as case study. The selected environment comprises surface types whose spectral features might be confused with methane sources. The present work aims at developing filtering and masking operations to highlight CH₄ flux emission enhancement.

References

- [1] Jacob, D. J., Varon, D. J., Cusworth, D. H., Dennison, P. E., Frankenberg, C., Gautam, R., Guanter, L., Kelley, J., McKeever, J., Ott, L. E., Poulter, B., Qu, Z., Thorpe, A. K., Worden, J. R., and Duren, R. M.: Quantifying methane emissions from the global scale down to point sources using satellite observations of atmospheric methane, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* <https://doi.org/10.5194/acp-2022-246>
- [2] Elena Sánchez-García, Javier Gorroño, Itziar Irakulis-Loitxate, Daniel J. Varon, and Luis Guanter: Mapping methane plumes at very high spatial resolution with the WorldView-3 satellite, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, September 2021, DOI:10.5194/amt-2021-238
- [3] Guanter, Luis, Itziar Irakulis-Loitxate, Javier Gorroño, Elena Sánchez-García, Daniel H. Cusworth, Daniel J. Varon, Sergio Cogliati and Roberto Colombo. "Mapping methane point emissions with the PRISMA spaceborne imaging spectrometer." *Remote Sensing of Environment* (2021): DOI:10.1016/j.rse.2021.112671
- [4] Cusworth, D. H., Duren, R. M., Thorpe, A. K., Pandey, S., Maasackers, J. D., Aben, I., et al. (2021). Multisatellite imaging of a gas well blowout enables quantification of total methane emissions. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL090864. <https://doi.org/10.1029/2020GL090864>

- [5] Markus D. Foote, Philip E. Dennison, Patrick R. Sullivan, Kelly B. O'Neill, Andrew K. Thorpe, David R. Thompson, Daniel H. Cusworth, Riley Duren, Sarang C. Joshi, Impact of scene-specific enhancement spectra on matched filter greenhouse gas retrievals from imaging spectroscopy, *Remote Sensing of Environment*, Volume 264, 2021, 112574, ISSN 0034-4257, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112574>
- [6] Thompson, D. R., Thorpe, A. K., Frankenberg, C., Green, R. O., Duren, R., Guanter, L., Hollstein, A., Middleton, E., Ong, L., and Ungar, S. (2016), Space-based remote imaging spectroscopy of the Aliso Canyon CH₄ superemitter, *Geophys. Res. Lett.*, 43, 6571– 6578, doi:10.1002/2016GL069079
- [7] <https://www.asi.it/scienze-della-terra/prisma/>
- [8] Manolakis, D., Lockwood, R., Cooley, T., Jacobson, J.: *Robust Matched Filters for Target Detection in Hyperspectral Imaging Data*, Massachusetts Inst of Tech Lexington Lincoln Lab, ADA489053, 2007

Stefania Pace¹, Vincenzo del Fatto¹, Roberto Loperfido², Ulrike Buratti³, Elena Crescini³

¹ENEA Italian National Agency for New Technology, Energy and Sustainable Economic Development, Italy

²Servizio Sistema Informativo Territoriale Comune di Bolzano

³Servizio Giardineria Comune di Bolzano

Keywords: Green roofs; cooling effect; high density urban area; urban heat island (UHI); satellite images; Geographic Information System.

1. Introduction

Green infrastructure is expanding rapidly in cities around the world as a nature-based solution for meeting multiple sustainability and resilience goals [1] [2] [3]. Green infrastructure has been described as a form of urban ecological infrastructure that can provide multiple ecosystem services (ES), or benefits to human health and well-being [4]. Given that cities face many challenges to achieve normative goals for more sustainable and resilient futures [5], including climate driven extreme events [6] [7] and historical legacies of inequality [8] [9], investing in solutions that can deliver multiple benefits is critical, especially in the context of limited financial and other resources. Green infrastructure, precisely because of the multiple benefits it can provide from cooling, to storm water absorption to sites for urban agriculture and recreation, has begun especially in the context of limited financial and other resources to go mainstream in policies, plans, and management strategies to improve urban liveability [10] [11].

Urbanization has been found to aggravate the urban heat island (UHI) effect, which describes the phenomenon of higher temperatures in urban spaces relative to surrounding rural areas [12] [13] [14] by 2% - 5% more, affecting noise and air pollution, and storm water run-off (Ahmed et al., 2016). Buildings are one of the main contributors toward increments in the local urban air temperature [15]. UHI mitigation has become one of the priorities of the European Union, which has promoted green infrastructure using policy initiatives and incentives in order to reach sustainable and resilient cities [16].

Extensive research has investigated the cooling effects of green space [17] [18] [19] [20] [21]. In high-density urban areas, demand for space and high land costs limit the provision of green space [22]. Research has shown that green roofs are an effective strategy for mitigating UHI effects under limited land resources and planning strategies need to account for the comprehensive effects of green roofs on UHI [23] [24] [25] [26] [27, 28], figure 1. The daily maximum surface temperature of green roofs can be 10-30 °C lower as compared to conventional roofs [29] [30] and simulations at the building and block scale have found benefits consistent with field experiments [31] [32].

In recent years, remote sensing has been widely used in UHI research because it can fully characterize the thermal environment of a city at a given time [33] [34]. Although the land surface temperature (LST) is not equal to the air

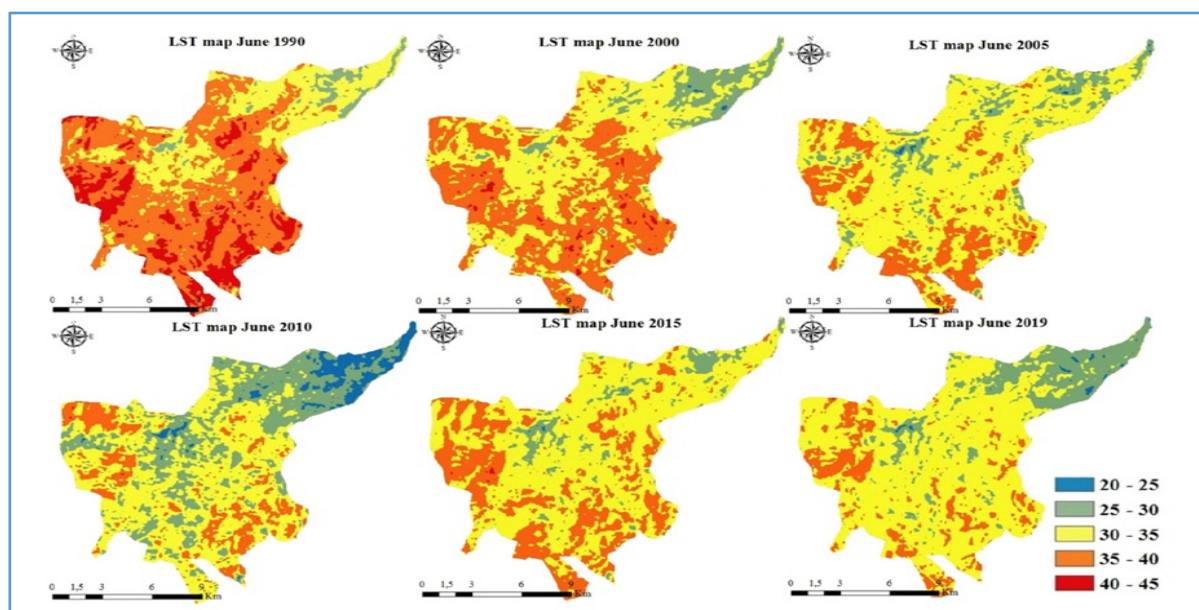


Fig. 1 LST maps of June 1990, 2000, 2005, 2010, 2015 and 2019 respectively in Constantine city, Algeria [21]

temperature in the urban canopy layer, studies have confirmed that LST is highly correlated with near ground air temperature and is reliable to examine the relationship between UHIs and urban surface parameters [12] [35].

By using remote sensing imagery in GIS, the heterogeneous nature of reality can be described in quantitative terms, allowing complex assessments in a short time, so that appropriate interventions can be sized to support decision-making, urban, and regional planning.

Basel, Sheffield (i.e., Green Roof Centre), London, Copenhagen (i.e., Green Roofs Copenhagen Strategy), Rotterdam, Amsterdam, Paris (i.e., Vegetalision la Ville), Madrid (i.e., Madrid + Natural), Stuttgart and Berlin (i.e., German Federal Building Code) are just some of the European cities that have introduced green measures to mitigate the UHI effect, global warming, and climate changes. The NYC legislative package stipulates that the roofs of new or renovated buildings should be equipped with a solar photovoltaic system or a green roof.

In Italy, green roofs are considered one of the solutions for environmental sustainability. In the municipal building code of some cities there is exemptions on the payment of contributions to the construction costs, e.g. Turin, or the introduction of indices such as RIE index (building impact reduction) as an ecological tool against the loss of green surfaces and to obtain building permits. Moreover, the “green bonus”, which provides tax deductions related to green areas and the landscape, such as green roofs and hanging gardens, was introduced in Italy in 2018. However, the spread of green roofs has increased in relation to the growing interest in sustainable architecture and green building. For example, for the project of the “Vulcano Buono” shopping centre, a work carried out by Renzo Piano in the province of Naples, a green roof system of approximately 80.000 square meters (one of the largest in Europe) was designed and targeted for the Mediterranean climate. It is able to confer various benefits to the building including thermal performance energy saving, noise pollution, surface absorption capacity, biodiversity, aesthetic and environmental impact [36] [11]. The Cityscape House, a building designed by the architectural firm Sheppard Robson to become a five-star hotel in the heart of London.

2. The Project

2.1 Research objectives

Considering the key issues gleaned from the literature review, it is necessary to identify the main factors that affect the thermal comfort conditions in an urban environment in order to improve the quality of life and promote UHI mitigation. The ENEA research group of the energy efficiency department has been working since 2016 on the topic of green infrastructure to improve energy efficiency of buildings and the quality of the micro-climate in urban areas under the MISE-ENEA ‘program agreement’ electrical system research. The research activities are mainly carried out at the experimental site at ENEA Casaccia Center, consisting of the ‘School of energy’ building that has three types of NBS: green roof and walls, bioclimatic greenhouse. The prototype building is equipped with a continuous monitoring system consisting of a wide range of sensors for microclimatic control [37]. Since 2019 the study of applying remote sensing & GIS techniques was also introduced although the size of the NBS on the prototype building was smaller than the spatial resolutions of the recently launched modern remote sensors (data not yet published). Given the situation it was thought to look for Italian urban realities where rooftops and green wall are present in a widespread manner with the main objective of evaluating the spatiotemporal changes of green roofs/living walls surfaces, NBS surfaces, at the city scale as well as its impact on the microclimate to mitigate the urban heat island. It also studies how and to what extent the land surface temperature (LST) is affected by the spatial configuration of the NBS surfaces.

2.2 Survey areas

Bolzano, city located in the north-eastern part of Italy, was chosen as the location for this study. Located between 46°29’36’’96 N and 11°20’4’’58 E, is a provincial city, a special economic zone, vineyard-rich, and an important scenic tourist city because gateway to the mountain range of the Dolomiti. It has a semi-continental temperate climate (cold, dry winters and hot summers).

The south part of the city, fig.2, is a high-density urban area poor in green space with 2.7° degrees usually higher on average than the rest. As early as 2004, ecological tools were introduced that could compensate for the loss of green areas, then with the green roof project involving flat-roofed factory buildings, it has become the first Italian city with the largest extent of green roofs, actually approximately 60 thousand square meters.

2.3 Data sources

Data on existing green roofs are being collected through collaboration of municipal natural resources and planning bureau. To explore the cooling effects of green roofs in high-density urban areas, we are being used high-resolution remote sensing images to extract land use, NDVI indexes and LST data for Bolzano city. More years of data will be



Fig. 2 Green roof, South Bolzano (left); historic Schgraffer palace terrace, at number 1 in piazza Walther (<https://www.altoadigeinnovazione.it/tetti-verdi-bolzano/>)

used to depict before and after the implementation of green roofs. Satellites data from <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2> and <http://sentinel-pds.s3website.eu-central-1.amazonaws.com/image-browser>.

2.4 Methodology

Considering the dominant factors driving the UHI effect, the basic premise of this approach is that land use changes on Bolzano city between 2004 and 2022 are not significant, and roof space LST changes during this time stem from the implementation of green roofs. In existing research, the cool-ing effect of green infrastructure is generally quantified using the absolute value of single-phase LST [33] [20] [35]. The idea is to calculate the average LST for Bolzano area with the control group roofs.

The NDVI, vegetation index method will be used to extract green space information. In order to in-crease the resolution of Landsat-8 imagery (30 m multispectral spatial resolution) using synthetic Sentinel-2 panchromatic data (10 m multispectral spatial resolution) by means pan-sharpening tech-niques.

3. Perspectives

In recent years, green roofs are thought to be an effective means of resolving the conflict between land shortage and ecological construction to alleviate UHI effects in high-density urban areas. Few empirical studies confirm the cooling effect of green roof projects at the city scale. Using Landsat 8 remote sensing image data and sentinel 1, 2 with GIS, this study will try to quantify the cooling effect of urban green roofs on Bolzano city possibly for the summers of 2004 and 2017, which represented the pre and post implementation phases of the green roof project of 60,000 m².

Bigliography

- [1] J. Langemeyer, S. Borgstrom, T. McPhearson, D. Haase, J. Kronenberg, D. Barton, D. McKenna, S. Naumann, L. Roschel e F. Baro, «Bioscience,» 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1093/biosci/biz058>.
- [2] N. Frantzeskaki, T. McPhearson, M. Collier, A. Dumitru, C. Walsh, K. Noble, E. van Wyk, C. Ordonez, C. Oke, L. Pinter, J. Marcus, D. Kendal e H. Bulkeley, «Bioscience,» Frantzeskaki, Niki, McPhearson, Timon, Collier, Marcus J., Kendal, Dave, Bulkeley, Harriet, Dumitru, Adina, Walsh, Claire, Noble, Kate, van Wyk, Ernita, Ord' oñez, Camilo, Oke, Cathy, Pinter, Laszlo, 2019. Nature-based solutions for urban climate change a, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1093/biosci/biz042>.
- [3] B. Keeler, P. Hamel, T. McPhearson, M. Hamman, M. Donahue, K. Prado, K. Arkema, G. Bratmann, K. Braumann, J. Finlay, A. Guerry, S. Hobbie, J. Johnson e R. MacDonald, «Social-ecological and technological factors moderate the value of urban nature,» Nat. Sustainability, vol. 2, pp. 29-38, 2019.
- [4] E. Gomez-Baggethun e D. Barton, «Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. Ecol. Econ. 86, 235–245. <https://doi.org/10.1016/J.Ecolecon.2012.08.019>,» Ecological economics, vol. 86, pp. 235-245, 2013.
- [5] T. Elmquist, E. Andersson, N. Frantzeskaki, T. McPhearson, C. Folke, P. Olsson e K. Takeuchi, «Sustainability and resilience for urban transformations,» Natural Sustainability, vol. 2, pp. 267-273, 2019.
- [6] L. McPhillips, H. Chang, M. Chester, Y. Depietri, E. Friedman, N. Grimm, J. Kominoski, T. McPhearson, P. Mendez-L' azaro, E. Rosi, J. Shiva e J. Shiva, «Defining extreme events: a cross-disciplinary review,» Earth's Future, 2018.
- [7] Y. Depietri, K. Dahal e T. McPhearson, «Multi-hazard risk in a coastal megacity,» Nat. Hazards Earth Syst. Sci., vol. 18, pp. 3363-3381, 2018.
- [8] M. Grove, L. Ogden e S. Pickett, «The Legacy Effect: Understanding How Segregation and Environmental Injustice Unfold over Time in Baltimore. .,» Annals ofthe Association of American Geographers, n. 108, pp. 524-537, 2018.
- [9] D. Locke, B. Hall, J. Grove e S. Pickett, «Residential housing segregation and urban tree canopy in 37 US Cities,» Urban Sustainability, vol. in review, 2020.

- [10] E. L. J. B. S. M. T. H. D. K. J. B. D. D. M. N. S. R. L. B. F. AAndersson, «Enabling urban green and blue infrastructure to improve contributions to human well-being and equity in urban systems.» *Bioscience*, 2019.
- [11] P. D. R. C. L. A. Pace S., «Ingenio,» 2022. [Online]. Available: <https://www.ingenio-web.it/26045-quali-sono-i-benefici-climatici-dei-tetti-verdi>. [Consultato il giorno 21 07 2022].
- [12] J. O. T. Voogt, «Thermal remote sensing of urban climates.» *Remote Sens. Environ.*, vol. 3, n. 86, pp. 370-384, 2003.
- [13] J. Peng, P. Xie, Y. Liu e J. Ma, «Urban thermal environment dynamics and associated landscape pattern factors: a case study in the Beijing metropolitan region.» *Remote Sens. Environ.*, n. 173, pp. 145-155, 2016.
- [14] Q. Zhou, «A review of sustainable urban drainage systems considering the climate change and urbanization impacts.» *Water*, vol. 6, pp. 976-992, 2014.
- [15] B.-J. He, «Towards the next generation of green building for urban heat island mitigation: Zero UHI impact building.» *Sustain. Cities Soc.*, n. 50, p. 101647, 2019.
- [16] L. Sturiale e Scuderi, «A. The role of green infrastructures in urban planning for climate change adaptation.» *Climate*, n. 7, p. 119, 2019.
- [17] J. Connors, C. Galletti e W. .. Chow, «Landscape configuration and urban heat island effects: assessing the relationship between landscape characteristics and land surface temperature in Phoenix, Arizona.» *Landsc. Ecol.*, n. 28, pp. 271-283, 2013.
- [18] C. Skelhorn, S. Lindley, . G. Levermore e , «The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: a fine scale assessment in Manchester, UK.» *Landsc. Urban Plan.*, n. 121, pp. 129-140.
- [19] A. Solcerova , M. F. vande Ven e M. Wang , «Do green roofs cool the air?.» *Building and Enviroment*, n. 111, pp. 149-255, 2017.
- [20] M. Amani-Beni, B. Zhang, G. Xie e . Y. Shi, «Impacts of urban green landscape patterns on land surface temperature: evidence from the adjacent area of Olympic Forest Park of Beijing, China.» *Sustainability.*, 2019.
- [21] H. Gherraz e D. Alkama, , «L'estimation de l'impact des espaces verts et des surfaces d'eau sur le climat urbain et la temperature de surface du sol (Mila, Algerie).» *Romanian Journal og Geography*, vol. 64 ., n. 2, pp. 155-174, 2020.
- [22] Y. Alex e C. Jim., «Citizen attitude and expectation towards greenspace provision in compact urban milieu.» *Land Use Policy*, n. 29, pp. 577-586.
- [23] M. Santamouris, «Cooling the cities: a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments.» *Sol. Energy*, n. 103, pp. 682-703, 2014.
- [24] H. Luo, X. Liu, B. Anderson, K. Zhang, X. Li, B. Huang, M. Li, . Y. .Mo, L. Fan, . Q. Shen, F. Chen e M. Jiang, «Carbon sequestration potential of green roofs using mixed-sewage-sludge substrate in chengdu world modern garden city.» *Ecol. Indicator*, n. 49, pp. 247-259, 2015.
- [25] L. Teotonio, C. Silva e C. Cruz, «Eco-solutions for urban environments regeneration: the economic value of green roofs.» *J. Clean. Prod.*, n. 199, pp. 121-135, 2018.
- [26] T. Sangkakool, T. Techato, R. Zaman e T. Bruderemann, «Prospects of green roofs in urban Thailand - a multi-criteria decision analysi.» *J. Clean. Prod.*, n. 196,, pp. 400-410, 2018.
- [27] J. Dong , J. M. Lin, . T. Zao, C. Lin e . J. Sun, «Quantitative study on the cooling effect ogf green roof in a high-density urban area-a case study of Xiamen, China.» *Journal of cleaner production*, n. 255, pp. 120-152, 2020.
- [28] G. Mutan e V. Todeschi, «The effects of green roofs on outdoor thermal comfort, urban heat island mitigation and energy savings.» *Atmosphere*, n. 11, p. 123, 2020.
- [29] M. Santamouris, «Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island- A review of the actual developments.» *Renew. Sustain. Energy Rev.*, n. 26, pp. 224-240, 2013.
- [30] J. Yang, Z.-H. Wang e K. Kaloush, «Environmental impacts of reflective materials: is high albedo a 'silver bullet' for mitigating urban heat island?.» *Renew. Sustain. Energy Rev.*, n. 47, pp. 830-843, 2015.
- [31] D. Sailor, T. Elley e M. Gibson, «Exploring the building energy impacts of green roof design decisions modeling study of buildings in four distinct climates.» 2012. . *J. Build. Phys.*, vol. 4, n. 35, pp. 372-391, 2012.
- [32] M. Zinzi e S. Agnoli, «Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region.» *Energy Build.*, n. 55, pp. 66-76, 2012.
- [33] T. Barbieri, F. Despini e S. Teggi, «A multi-temporal analyses of land surface temperature using landsat-8 data and open source software: the case study of Modena. Italy.» *Sustainability*, n. 10, p. 1678, 2018.
- [34] R. Sun, Y. Lü, L. Chen , L. Yang e A. Chen, «Assessing the stability of annual temperatures for different urban functional zones.» *Build. Environ.*, n. 65, pp. 90-98, 2013.
- [35] G. Guo, Y. Wu e Y. Chen, «Complex mechanisms linking land surface temperature to greenspace spatial patterns: Evidence from four southeastern Chinese cities.» *Science of The Total Environment.*, n. 674, pp. 77-87, 2018.
- [36] A. Claudi de Saint Mihiel, «Un nuovo Green deal per le sfide climatiche e la rigenerazione urbana.» *Techne*, n. 19, pp. 321-326.
- [37] C. Campiotti, P. De Rossi, L. Gatti, G. Giagnacovo, A. Latini e M. Sperandei, «Gli ecosistemi vegetali per la rigenerazione ecologica delle citta'.» *Rapporti tecnici ENEA*, n. 13, pp. 1-120, 2021.

Multispectral images to support the urban planning of the city

M. Alicandro¹, D. Dominici¹, N. Pascucci¹, S. Zollini¹

¹ *GeomaticaLab – DICEAA – University of L'Aquila,*

maria.alicandro@univaq.it, donatella.dominici@univaq.it, nicole.pascucci@graduate.univaq.it, sara.zollini@univaq.it

Corresponding author: (nicole.pascucci@graduate.univaq.it)

Keywords: Multispectral images, Worldview 2, Landsat 8, Urban Heat Island, CIM.

Abstract

The study propose to investigate and represent the great environmental and urban heritage by acquiring spatial data with remote sensing techniques. In particular, we will start with the use of multispectral satellite images, taking advantage of the effective knowledge of automatic (or semi-automatic) extraction of land cover data and detailed information about the investigated areas in order to create a parametric model of the city for urban planning management. The case study is the city of L'Aquila (Abruzzo, Italy) and its hamlets, affected by the tragic 2009 earthquake event, as well as an area of continuous transformation. Several spectral indices and the presence of any heat islands from the multispectral images were extracted, useful for further analysis. About the indices, the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) was obtained from the World-View 2 image to analyse the split between built-up area and vegetation and the vigour status of public parks and gardens (1). In addition, some other spectral indices related to the built-up area are investigated, such as the NDYG (Normalized Difference Yellow Green) and the NDNB (Normalized Difference NIR1 and Blue) to identify respectively the presence of tiles (2) and the presence of asbestos in the roofs (3) in the existing buildings. Finally, additional indices were extracted such as NDWI, Normalized Difference Water Index, for the water-body related to lakes, rivers or anthropogenic features such as swimming pools (1) and WV-II, WorldView New Iron Index, to identify elements with the presence of iron oxide (4). In addition, the topic focuses attention on describing the distribution of the Urban Heat Island (UHI) phenomenon through the potential investigation of surface temperature derived from the Thermal Infrared band (TIR) and NDVI. Landsat 8 images, considered over the summer period 2013-2018-2019, were used for obtaining an initial estimate of Top of Atmosphere (TOA) (5).

Then, using the NDVI index, Proportion of Vegetation (Pv) was extracted and the ground emissivity was obtained (6). Finally, the LST (Land Surface Temperature) equation was applied to obtain the surface temperature map (6). This procedure is useful for identifying possible UHI in the territory, i.e., those urban areas that are significantly hotter than the surrounding rural areas due to anthropogenic activities. The new data obtained from the multispectral images were then added to the DBTR (Territorial Regional DataBase – the open database of the Regional Geoportal) through spatial analysis procedures in GIS (Geographic Information System), to update the information collected into the official regional sources. Then, the updated database was used by means Rhino's Grasshopper plugin, to build an extended 3D urban model, called CIM (City Information Modeling), useful for urban planning management.

Through the analysis of the area, it is possible to highlight the presence of critical issues, from which respective strategies can be outlined, fostering an environmentally sustainable policy. For example, in order to reduce the effects of UHI, it is possible to analyse and cross the data obtained by the multispectral images (LST, NDVI and other vegetation indices), increasing green areas in densely populated urban areas, thus reclaiming and redeveloping. Furthermore, thanks to the high frequency of satellite image acquisition, it is possible to have up-to-date urban planning databases and the possibility to monitor the corrective strategies/ actions implemented. In this paper, the potential of remote sensing by high-resolution multispectral satellite imagery is crucial both to deepen and learn more about the investigated area and to obtain updated information in a short time. In conclusion, the body of information, extracted by multispectral images, will allow for the future monitoring of different aspects of the in-depth areas using new digital technologies, e.g., CIM, proposing diversified solutions based on the source data and targeted to the precise and timely needs of the area.

References

Wolf, A. Using WorldView 2 Vis-NIR MSI Imagery to Support Land Mapping and Feature Extraction Using Normalized Difference Index Ratios. Digital Globe (2010).

- Stamou A., Theodoridou I., Papadopoulos A., Study and Analysis of WorldView- 2 satellite Imagery for evaluating the energy efficiency of the urban area of Kalamaria, Greece (2012).
- Hamedianfar A., Shafri H., Detailed intra-urban mapping through transferable OBIA rule sets using WorldView-2 very-high-resolution satellite images (2015).
- Baptista G. M. de M., Teobaldo D., WorldView-2 sensor for the detection of hematite and goethite in tropical soils (2017).
- Anderson I., Converting Landsat 8 Thermal Band 10 to Temperature values, Hexagon Geospatial Community (2016).
- Kaplan G., Avdan U., Avdan Z. Y., Urban Heat Island Analysis Using the Landsat 8 Satellite Data: A Case Study in Skopje, Macedonia (2018).

<https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>

<https://giscrack.com/how-to-calculate-land-surface-temperature-with-landsat-8-images/>

New satellite-as-a-service paradigm for multi-node operations in space

Leonardo Amoruso*, Cristoforo Abbattista*, Vito Fortunato*, Stefano Antonetti**, Lorenzo Feruglio***

Planetek Italia **D-Orbit SpA *AIKO srl*

Corresponding author: Massimo Zotti (zotti@planetek.it)

Keywords: Space, Artificial Intelligence, SaaS

1. Introduction

Space-based Earth Observation (EO) mission scenarios are rapidly evolving and key elements of this evolution can be seen in the New Space Economy (NSE) approach, from the awareness of the value of Space-based services to the ever-increasing on-board high-performance computing power availability as well as the availability of big, distributed, satellite data. Across diverse vertical segments, users can already buy and rely on cloud-based EO services providing value-added products (VAP) to directly integrate into their core processes, making their business more efficient and effective.

2. AI-eXpress

The AI-eXpress (AIX in short) is a new concept of satellite as-a-service (SaaS) powered by an Artificial Intelligence (AI) enhanced processing framework embarked on satellites, which is being developed within the European Space Agency (ESA) Incubed program. AIX makes available in-orbit payloads, resources, and services on-demand: services include EO data acquisition, processing, actionable information extraction, downlink, and distribution. Ready-made applications are available on a dedicated app store, and basic services can also be combined to build custom ones. Information is then transferred back to the Ground as notifications and alerts or directly exploited on-board in autonomous decision workflows. Useless data and information non-relevant to the application's workflow can be discarded, saving memory, bandwidth and thus increasing the efficiency and quality of automated pipelines too.

As a direct consequence, AIX positions as an at the Edge laboratory in Space able to foster the transition from a traditional Space model to a real commercial one, reducing bottlenecks and barriers, enabling new market opportunities to flourish, and enhancing the effectiveness of the services delivered to the Ground. Among all these innovations, in conjunction with the increasingly clear trend of recent years in having in operations constellations of smallsats devoted to EO, we are also addressing the issue of using swarm intelligence and cooperation techniques in order to consolidate the position of AIX as a system-of-systems adaptable to the problem changes and able to synchronize the satellites' plans in order to avoid duplications among the planned tasks.

Regional-scale landslide investigation using conventional two-pass interferometry

A. Simoni ⁽¹⁾, B. Bayer ⁽²⁾, N. Berni ⁽³⁾, P. Ciuffi ⁽¹⁾, S. Franceschini ⁽²⁾, F. Ponziani ⁽³⁾

(1) Department of Biological, Geological and Environmental Sciences (BiGeA), University of Bologna, Via Zamboni 67, 40126 Bologna, Italy

(2) Fragile s.r.l., Viale Fanin 48, 40127 Bologna, Italy

(3) Regione Umbria Civil Protection Office- Functional Centre. Foligno (Pg), Italy

Corresponding author: Alessandro Simoni (alessandro.simoni@unibo.it)

Keywords: INSAR, active landslide, landslide recognition, landslide monitoring

1. Introduction

Landslides can be mapped using field observations, digital terrain models, satellite and aerial imagery. Remote sensing techniques combine the advantages of their areal perspective with the accuracy of the most advanced methodologies based on satellite radars (Cohen-Waeber et al., 2018). Interferometric processing of synthetic aperture radar images (InSAR) has proved useful for studying gravitational movements of slopes, both for specific studies of landslides (Xu et al., 2020; Wasowski and Bovenga, 2014), and for regional analyzes (Raspini et al., 2019). In the latter case, the InSAR was used not only for the detection of active landslides (Dini et al., 2019; Zhao et al., 2012) but also for the monitoring of deformations (Bekaert and Handwerger, 2020). However, the areal scale investigation of deformation phenomena using InSAR techniques is still rather difficult due to several factors. InSAR techniques can be grouped into two main families: conventional two-pass interferometry (Dini et al., 2019; Handwerger et al., 2013) and multi-temporal methods, which include Persistent Scatterer Interferometry (PSI) and Small Baseline Subsets (SBAS) (Raspini et al., 2019; Zhang et al., 2020).

In this work, we take advantage of the better territorial coverage offered by conventional InSAR to detect and map active slope movements in the Umbria region by analysing stacked interferograms. We also explore the potential of differential 6-days interferograms to capture the dynamics of slope deformation through time.

2. Results

Our analysis identified 256 InSAR deformation signals (IDS) corresponding to active slope movements, during the two most recent rainy seasons (October 2019 to January 2021). We compare our results with the geological map and the landslide inventory, illustrating how active landslides are favoured by weak lithologies and pre-existing slope instability. Also, the relative orientation of the satellite's line of sight with respect to the slope influences the results indicating a bias in the completeness of remotely sensed data.

The analysis, at the interferogram scale (6-days), of 13 clearly recognizable IDSs illustrates the dynamics of the slopes through time, although the information is not complete. In fact, due to decorrelation, only about half of the interferograms can be used to extract displacement rate information, which are used to characterize the evolution through time of active landslides.

References

- Bekaert, D.P.S., Handwerger, A.L., Agram, P., Kirschbaum, D.B., 2020. InSAR-based detection method for mapping and monitoring slow-moving landslides in remote regions with steep and mountainous terrain: An application to Nepal, *Remote Sensing of Environment*, Volume 249, 2020, 111983, ISSN 0034-4257, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111983>.
- Cohen-Waeber, J., Bürgmann, R., Chaussard, E., Giannico, C., Ferretti A., 2018. Spatiotemporal patterns of precipitation-modulated landslide deformation from independent component analysis of InSAR time series. *Geophys. Res. Lett.* 45, 4, 1878–1887. doi: 10.1002/2017GL075950.
- Dini, B., Manconi, A., Loew, S., 2019. Investigation of slope instabilities in NW Bhutan as derived from systematic DInSAR analyses. *Engineering Geology* 259, 105111.
- Handwerger, A.L., Roering, J.J., Schmidt, D.A., 2013. Controls on the seasonal deformation of slow-moving landslides. *Earth Planet. Sci. Lett.* 377, 239–247.
- Raspini, F., Bianchini, S., Ciampalini, A., Del Soldato, M., Montalti, R., Solari, L., Tofani, V., Casagli, N., 2019. Persistent Scatterers continuous streaming for landslide monitoring and mapping: the case of the Tuscany region (Italy). *Landslides* 16, 2033–2044.
- Wasowski J., Bovenga F., 2014. Investigating landslides and unstable slopes with satellite Multi Temporal Interferometry: Current issues and future perspectives. *Eng. Geology* 174, 103–138. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2014.03.003>
- Xu, Y., Lu, Z., Schulz, W.H., Kim, J., 2020. Twelve-Year Dynamics and Rainfall Thresholds for Alternating Creep and Rapid Movement of the Hooskanaden Landslide From Integrating InSAR, Pixel Offset Tracking, and Borehole and Hydrological Measurements. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 125, e2020JF005640. <https://doi.org/10.1029/2020JF005640>
- Zhang, Y., Meng, X.M., Dijkstrac, T.A., Jordan, C.G., Chen, G., Zeng, R.Q., Novellino, A., 2020. Forecasting the magnitude of potential landslides based on InSAR techniques. *Remote Sensing of Environment* 241, 111738.
- Zhao, C., Lu, Z., Zhang, Q., de La Fuente, J., 2012. Large-area landslide detection and monitoring with ALOS/PALSAR imagery data over northern California and southern Oregon, USA. *Remote Sensing of Environment*, 124, 348–359.

Il programma ASI “SAR multi-missione e multi-frequenza” per lo sviluppo di algoritmi innovativi e l'integrazione di dati satellitari SAR a supporto di applicazioni di downstream scientifico

Deodato Tapete, Antonio Montuori, Fabrizio Lenti, Patrizia Sacco, Maria Virelli,
Simona Zoffoli, Alessandro Coletta

Agenzia Spaziale Italiana (ASI), Roma, Italia

Corresponding author: Deodato Tapete

Keywords: SAR, multi-frequenza, COSMO-SkyMed, SAOCOM, applicazioni downstream

1. Introduzione

La tecnologia Radar ad Apertura Sintetica (SAR) è fra le tecnologie di telerilevamento su cui l'Agencia Spaziale Italiana (ASI) ha investito nell'arco degli ultimi due decenni, per supportare la ricerca scientifica, le attività istituzionali e le collaborazioni internazionali (ad es. per la gestione del rischio da disastri) e consentire agli utenti di sviluppare applicazioni e servizi. Con la costellazione COSMO-SkyMed di Prima Generazione pienamente operative già dal 2011 [1], ASI ha fornito alla comunità utente uno strumento unico di osservazione della Terra, le cui capacità osservative sono state recentemente migliorate dal lancio dei primi due satelliti della Seconda Generazione [2]. Sono inoltre in corso ulteriori sviluppi di nuovi sensori satellitari attivi, secondo quanto delineato nella roadmap ASI per l'osservazione della Terra [3].

Per massimizzare l'uso dei dati COSMO-SkyMed e di altre missioni SAR, ASI ha avviato diverse iniziative di data exploitation [4-5]. Inoltre, sono stati finanziati diversi progetti di ricerca congiunti non solo per indirizzare quesiti scientifici di alta rilevanza, ma anche per favorire lo sviluppo di algoritmi a supporto di specifiche applicazioni. Per esempio, sono stati progettati e testati algoritmi di change detection che consentono di combinare dati SAR e ottici per la gestione del rischio da disastri in ambienti antropizzati devastati da uragani [6]. Inoltre, in collaborazione con enti accademici e di ricerca, sono stati sviluppati algoritmi basati su reti neurali convoluzionali di deep learning e support vector regression al fine di migliorare la stima di parametri geofisici (ad es. equivalente in acqua della neve, biomassa, tipologia colturale) come informazioni geospaziali di input per valutazioni idrologiche e applicazioni di agricoltura di precisione, utilizzando serie di immagini in banda C ed X co-locate temporalmente, acquisite in singola e doppia polarizzazione, e sono state condotte attività di validazione con dati in situ [7-9].

Considerando la scala ESA EOP-SM/2776 di Scientific Readiness Level (SRL), questi progetti di R&D consentono di raggiungere uno sviluppo algoritmico di elaborazione e integrazione di dati SAR fino a SRL 4 (proof of concept) e rappresentano i mattoni fondanti su cui è possibile, in seguito, avviare attività dimostrative su casi d'uso e con l'utenza di riferimento. Sulla scia di queste attività preparatorie e innovative condotte dall'ASI negli ultimi anni si pone oggi il programma ASI “SAR Multi-missione e multi-frequenza”. Questo programma si inserisce nell'attuale contesto internazionale, europeo e mondiale, in cui le missioni SAR (ad es. Sentinel-1, SAOCOM, ALOS-2, RADARSAT Constellation Mission) forniscono uno spettro di osservazioni che spazia dalla banda X alla banda L. Il programma intende quindi mettere a frutto almeno i seguenti due elementi di cui dispone oggi la comunità scientifica nazionale e internazionale: (i) la continuità osservativa rispetto alle precedenti missioni SAR per creare lunghe serie temporali; (ii) le opportunità di pianificare l'acquisizione di dataset SAR in diverse bande, co-locati spazialmente e temporalmente. La sfida è quella di sviluppare algoritmi di elaborazione di dati SAR che consentano di sfruttare al meglio questa capacità osservativa multi-frequenza, al fine di supportare non solo ricerche di carattere scientifico ma anche vere e proprie applicazioni di downstream.

2. Il programma “SAR multi-missione e multi-frequenza”

Il programma dell'ASI supporta progetti di R&D che sono stati selezionati, a seguito di procedura competitiva mediante bando di ricerca, a partire da proposte progettuali presentate da esperti del settore della comunità scientifica e industriale nazionale, in alcuni casi anche in partenariato con enti accademici e istituzionali stranieri.



Figura 1. Portfolio dei progetti ASI attivati nel 2021 nel contest del programma ASI “SAR multi-missione e multi-frequenza”, suddivisi per area R&D di interesse. La validazione dei prodotti derivati mediante dati a terra è un elemento comune dei progetti e trasversale dell’intero programma.

Figura 1 mostra i 10 progetti che sono stati attivati dall’ASI con i diversi consorzi proponenti a partire da aprile 2021 nelle diverse aree R&D di specifico interesse di ASI, ossia: agricoltura, aree urbane, rischi naturali, criosfera, mare & coste. L’intero programma si concluderà a metà del 2023.

Uno degli obiettivi principali del programma è quello di portare lo sviluppo algoritmico in corso di svolgimento nei singoli progetti allo stadio di prospettive credibili di ingegnerizzazione e sviluppo pre-operativo, per cui gli algoritmi e i prodotti prototipali sviluppati, testati e validati siano in futuro utilizzabili per supportare servizi applicativi a beneficio della comunità utente finale.

In questa ottica, al fine di sfruttare al massimo le potenzialità della multi-frequenza SAR, ASI sta supportando i consorzi facilitando l’accesso a un ampio spettro di dati SAR, in particolare in banda X della costellazione COSMO-SkyMed – quest’ultima nella sua interezza, quindi comprensiva anche dei satelliti della Seconda Generazione – e in banda L della costellazione SAOCOM. ASI ha quindi predisposto e resi operativi nuovi portali per la data exploitation dei suddetti dataset SAR a supporto dei consorzi e dell’utenza. Queste risorse di dati SAR si aggiungono a quelle rese disponibili dal programma europeo Copernicus (ovvero dati SAR in banda C di Sentinel-1 e ottici multispettrali Sentinel-2), a quelle già nelle disponibilità degli stessi consorzi e, specie per le applicazioni agricole, ai dati iperspettrali di PRISMA dell’ASI.

Le linee di sviluppo algoritmico dei dieci progetti includono:

Agricoltura (SARAGRI e CLEXIDRA): migliorare l’accuratezza e la risoluzione spaziale e temporale delle mappe di umidità del suolo; derivare parametri proxy dello stress idrico della vegetazione e delle colture; generare prodotti prototipali quali mappe dei terreni lavorati e irrigati;

Rischi naturali (MUSAR, MEFISTO e DInSAR-3M): generare mappe delle deformazioni superficiali a supporto di scenari applicativi vulcanici, sismici, di rischio idrogeologico (frane lente e veloci), e di mappatura di processi urbani quali la subsidenza; sfruttare tecniche di data fusion di dati SAR, ottici, geodetici, acquisiti da sensori aviotrasportati e misure in situ; classificare in modo automatico processi deformativi mediante metodi di machine learning;

Mare e coste (APPLICAVEMARS e COAST): migliorare, valutare e validare stime dei campi di vento con dati SAR multi-frequenza; testare metodi di rilevamento di navi e imbarcazioni con dati multi-missione polarimetrici;

Criosfera (CRIOSAR e SMIVIA): migliorare la risoluzione spaziale e l’accuratezza nelle stime delle proprietà del manto nevoso; generare prodotti SAR a fini di previsione delle proprietà nevose;

Aree urbane (MultiBigSARData): sviluppare prototipi software pre-operativi che combinano dati SAR e prodotti e tecniche basati su approcci di Artificial Intelligence; derivare indici e parametri proxy per analisi del rischio.

Le suddette linee verranno presentate attraverso una selezione dei risultati raggiunti nell’ambito dei dieci progetti, con particolare riferimento a quelli conseguiti in occasione della Mid-Term Review dell’intero programma “SAR multi-missione e multi-frequenza”.

Referenze bibliografiche

- [1] F. Covello, et al., “COSMO-SkyMed an existing opportunity for observing the Earth,” *Journal of Geodynamics*, Elsevier, 49, 171–180, 2010.
- [2] ASI, “COSMO-SkyMed Seconda Generazione: System and Products Description,” accessible at <https://www.asi.it/wp-content/uploads/2021/03/CSG-Mission-and-Products-Description-defpdf-1.pdf>
- [3] R. Formaro, et al., “ASI roadmap in technology and programmes for earth advanced monitoring and assessment of hazards,” 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS, pp. 1875-1878, 2021.
- [4] M.L. Battagliere, et al., “A Review of the Exploitation of the Operational Mission COSMO-SkyMed: Global Trends (2014–2017),” *Space Policy* 2019.
- [5] M.L. Battagliere, et al., “Satellite X-band SAR data exploitation trends in the framework of ASI’s COSMO-SkyMed Open Call initiative,” *Procedia Computer Science* 181, 1041–1048, 2021.
- [6] A. De Giorgi, D. Solarna, G. Moser, D. Tapete, F. Cigna, G. Boni, R. Rudari, S.B. Serpico, A.R. Pisani, A. Montuori, and S. Zoffoli, “Monitoring the Recovery after 2016 Hurricane Matthew in Haiti via Markovian Multitemporal Region-Based Modeling,” *Remote Sensing*, 13, 3509, 2021.
- [7] E. Chiarito, et al., “Biomass retrieval based on genetic algorithm feature selection and support vector regression in Alpine grassland using ground-based hyperspectral and Sentinel-1 SAR data,” *European Journal of Remote Sensing*, 54:1, 209-225, 2021.
- [8] D. Tapete, et al., “Development of algorithms for the estimation of hydrological parameters combining COSMO-SkyMed and Sentinel time series with in situ measurements,” *IEEE Mediterranean and Middle-East Geoscience and Remote Sensing Symposium 2020 (M2GARSS 2020)*, pp. 53–56, 2020.
- [9] E. Santi, et al., “On the Use of COSMO-SkyMed X-Band SAR for Estimating Snow Water Equivalent in Alpine areas: A Retrieval Approach Based on Machine Learning and Snow Models,” *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, doi: 10.1109/TGRS.2022.3191409, 2022.

Is it possible to monitor multi-taxon biodiversity through Sentinel-2 time series analysis?

Elia Vangi^{a,b}, Francesco Parisi^a, Saverio Francini^{a,c}, Giovanni D'Amico^a, Francesca Giannetti^a, Marco Marchetti^b, Fabio Lombardi^d, Davide Travaglini^a, Sonia Ravera^e, Costanza Borghi^a, Elena De Santis^a, Roberto Tognetti^f, Gherardo Chirici^{a,c}

^aGeoLAB - Laboratorio di Geomatica Forestale, Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali, Università degli Studi di Firenze, Via San Bonaventura 13, 50145 Firenze, Italy

^bDipartimento di Bioscienze e Territorio, Università degli Studi del Molise, Contrada Fonte Lappone, 86090 Pesche (Isernia), Italy

^cFondazione per il Futuro delle Città, Firenze, Italy

^dDipartimento di Agraria, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Località di Feo di Vito, Reggio Calabria, 89122, Italy

^eDipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche Chimiche e Farmaceutiche (STEBICEF), Università degli Studi di Palermo, Via Archirafi 38, Palermo, 90123, Italy

^fDipartimento Agricoltura, Ambiente e Alimenti, Università degli Studi del Molise, Via De Sanctis, I-86100 Campobasso, Italy

Keywords: Forest ecosystems, Monitoring biodiversity, Remote sensing, Species diversity, Ecological indicators.

Introduction

Biodiversity monitoring represents a major challenge in forest ecosystems and where conservation strategies have shifted from single-species protection toward a multi-taxon approach. Multitaxonomic studies linking biodiversity to forest structural variables are quite rare, due to the effort required for field surveys. In this context, remote sensing is a powerful tool, continuously providing broad-scale, consistent, and free information. In particular, the Sentinel-2 (S2) mission - with 10m spatial resolution and five days of revisitation time - has great potential to produce reliable proxies for biological diversity.

The present study aims to explore the capability of the S2 time series for monitoring multi-taxon biodiversity. In 33 plots located in two National Parks in Italy (Gran Sasso e Monti Della Laga, GSML and the Cilento Vallo di Diano e Alburni, CVDA) we surveyed living trees, deadwood, and microhabitats, and sampled beetle fauna, breeding birds, and epiphytic lichens. The Shannon entropy index, the Simpson diversity index, and Margalef's richness index were calculated, and all these variables were then compared between study sites. To produce predictors for biodiversity assessment, we exploited S2 data acquired in the four years between 2017 and 2021. S2 images were used to construct photosynthetic activity indices time series from which 91 harmonic metrics were derived as detailed in this paper. Then, for each taxon and the multi-taxon community, relationships between S2 metrics, species diversity, and forest structural variables were studied.

Results

Overall, 241 beetle, 27 bird, and 59 lichen species were recorded. The diversity indices were higher for the multi-taxon community than for the single taxa and were generally higher in the CVDA site than in GSML, except for the bird community. The highest values of the median absolute Pearson correlation were recorded for multi-taxon and beetle communities (0.52 and 0.38, respectively) in CVDA, and by lichen and beetle communities (0.34 and 0.26 respectively) in GSML.

Conclusion

Our results highlight the potential of S2 data in identifying potential biodiversity hotspots, demonstrating that the herein presented harmonic metrics are informative for several taxa inhabiting woody habitats and can help improve forest management practices.

I programmi dell'Agenzia Spaziale Italiana in ambito Osservazione della Terra

Maria Virelli, Francesco Longo

Agenzia Spaziale Italiana

maria.virelli@asi.it, francesco.longo@asi.it

Corresponding author: Maria Virelli

Keywords: ASI, Osservazione della Terra, COSMO-SkyMed, PLATiNO, PRISMA

1. Introduzione

L'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) si è affermata nel tempo come uno dei più importanti attori mondiali sulla scena della scienza spaziale, delle tecnologie satellitari, dello sviluppo di mezzi per raggiungere ed esplorare lo spazio.

I satelliti dedicati allo studio e all'osservazione della Terra dallo spazio hanno un ruolo sempre più rilevante: le loro applicazioni comprendono lo studio dell'ambiente, la predizione e il monitoraggio dei disastri naturali, un più razionale sfruttamento delle risorse naturali. Grazie all'attività dell'ASI, la comunità scientifica italiana ha ottenuto - negli ultimi decenni - successi senza precedenti nel campo dell'Osservazione della Terra in particolare nelle analisi dei disastri ambientali e misurare gli effetti del cambiamento climatico. Tra le missioni di proprietà dell'ASI nell'ambito dell'osservazione della Terra possiamo annoverare COSMO-SkyMed e PRISMA, attualmente operativi, PLATiNO in fase di sviluppo.

Grazie ai satelliti oggi è possibile monitorare lo stato di salute del pianeta come mai prima. La costellazione radar COSMO-SkyMed è un esempio unico al mondo come l'iperspettrale Prisma lo è in Europa.

2. COSMO-SkyMed

COSMO-SkyMed è un Sistema Spaziale Italiano di Osservazione della Terra a uso duale (Civile e Difesa) per il monitoraggio ambientale globale, con finalità scientifiche, commerciali e applicazioni strategiche (Difesa e Sicurezza Nazionale). Il sistema è stato realizzato sulla base di un accordo tra ASI, Ministero della Difesa (MoD) e Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR), rappresenta il più grande investimento italiano in Sistemi Spaziali per l'Osservazione della Terra e il più impegnativo sistema radar europeo.

Le principali caratteristiche che fanno di COSMO-SkyMed un sistema allo stato dell'arte a livello mondiale, sono:

- si avvale di una costellazione di 6 satelliti in orbita bassa che garantisce la copertura globale del pianeta con tempi di rivisitazione e di risposta contenuti (4 satelliti di Prima Generazione e 2 di Seconda Generazione);
- il radar è tra i più avanzati e versatili al mondo, consentendo di fare sia immagini ad alta risoluzione, sia immagini ad elevato swath (area a terra ripresa nella singola immagine);
- è un sistema "duale", ossia civile e militare; tipicamente i sistemi spaziali sono solo civili o solo militari; certamente COSMO-SkyMed è il più complesso sistema spaziale duale al mondo;
- presenta caratteristiche di espandibilità, scalabilità e integrabilità con altri sistemi che gestiscono dati completamente diversi;
- la complessità funzionale del Sistema ha comportato il progetto di un Segmento di Terra e di un Segmento di Logistica Integrata ed Operazioni estremamente complessi e avanzati;
- il mantenimento delle prestazioni nel tempo è garantito, da un lato da stringenti requisiti in termini di disponibilità, efficacia ed efficienza del sistema, dall'altro da un pervasivo sistema di monitoraggio di tali parametri.

L'obiettivo principale della Missione COSMO-SkyMed è la fornitura di servizi in grado di rispondere rapidamente alle diverse esigenze delle differenti classi di utenza.

In 15 anni di attività, la missione COSMO-SkyMed ha dimostrato di essere utile in una serie di domini di applicazioni ben delineati. Anche se particolarmente dedicato al supporto nelle operazioni di gestione delle emergenze e nel monitoraggio ambientale in tutto il mondo, come dimostrato dal prezioso contributo fornito dalla costellazione in un gran numero di situazioni di emergenza (Lenti, et al., 2019), può essere impiegato anche per la ricerca di nuovi potenziali campi di applicazione, compreso il rilevamento e il monitoraggio dei siti archeologici al fine di rilevare rapidamente danni causati da fenomeni naturali o prodotti dall'uomo. (M. Virelli, et al., 2020); (Russo, et al., 2020)

COSMO-SkyMed consente di fare acquisizioni ad alta risoluzione su swath (ossia estensione a terra dell'immagine) relativamente piccoli e a bassa risoluzione su aree molto estese. La Tabella riporta i modi operativi dei satelliti COSMO-

SkyMed disponibili per gli utenti Civili con le relative caratteristiche di risoluzione spaziale, polarizzazione e swath. (Rif. ASI)

Imaging mode	Polarization	Access region	Swath [Az. X Rg]	Resolution [Az. X Rg]
Spotlight-2A	Single/Dual	20-25°	3.1 x 7.3 Km	0.3 x 0.6 m
		25-50°	3.2 x 7.3 Km	0.3 x 0.5 m
		50-60°	4.4 x 7.3 Km	0.3 x 0.5 m
Spotlight-2B	Single/Dual	20-60°	10 x 10 Km	0.6 x 0.6 m
Spotlight-2C	Single/Dual	20-60°	5 x 10 Km	0.8 x 0.8 m
Spotlight-Henance	Single	20-60°	10 x 10 Km	1 x 1 m
Stripmap	Single/Dual	20-50°	40 x 40 Km	3 x 3 m
		50-60°	40 x 30 Km	
Ping-Pong	Dual/Quad	20-60°	30 x 30 Km	12 x 5 m
QuadPol	Quad	20-45°	40 x 15 Km	3 x 3 m
ScanSAR-1	Single/Dual	20-60°	100 x 100 Km	20 x 4 m
ScanSAR-2	Single/Dual	20-50°	200 x 200 Km	40 x 6 m
		50-60°	200 x 190 Km	

Modalità operative dello strumento SAR COSMO-SkyMed

3. PRISMA

I satelliti ad alta risoluzione spaziale e spettrale hanno cambiato il modo di considerare l'ambiente e i fenomeni ambientali. Questo è il caso di PRISMA (PRecursores IperSpettrale della Missione Applicativa), un sistema di osservazione della Terra all'avanguardia, dotato di strumenti elettro-ottici, che integra un sensore ottico iperspettrale con una camera pancromatica ad alta risoluzione spaziale, innovativa dal punto di vista tecnologico e di grande interesse per la comunità degli utenti, sia in ambito nazionale che internazionale, in grado di acquisire immagini della superficie terrestre contenenti informazioni sulla composizione chimico-fisica degli oggetti presenti nella scena osservata, di grande utilità per le applicazioni di monitoraggio ambientale, gestione delle risorse e controllo dell'inquinamento. Il satellite è stato lanciato il 22 marzo 2019.

Grazie alla sua dotazione il satellite è in grado di distinguere non solo le caratteristiche geometriche degli oggetti osservati, ma anche la composizione chimico-fisica della superficie terrestre. Ogni materiale, infatti, ha una propria firma spettrale, una vera impronta digitale: una combinazione unica di colori, detti bande spettrali. La strumentazione elettro-ottica di PRISMA è in grado di analizzare questa firma dalla sua orbita a 615 km di altezza, effettuando un monitoraggio di ultima generazione in grado di identificare un oggetto o risalire alle caratteristiche di un'area sotto osservazione. Nello specifico, tale strumentazione è composta da uno spettrometro ad immagini in grado di acquisire prodotti VNIR (Visible and Near-InfraRed) e SWIR (Short-Wave InfraRed), con una risoluzione spaziale di 30 metri e da una camera pancromatica con risoluzione spaziale di 5 metri. (Rif. ASI)

4. PLATiNO

Il Programma PLATiNO (Mini Piattaforma spaziale ad Alta TecNOlogia) ha come obiettivo la definizione e lo sviluppo delle tecnologie nazionali abilitanti per le future missioni dell'ASI attraverso la realizzazione di una piattaforma standard multi-purpose (in grado quindi di imbarcare una gamma di Payload scientifici e applicativi) e la qualifica in volo delle tecnologie italiane su apparati di bordo. Prevede lo sviluppo di una piattaforma standard multi-purpose per piccoli satelliti (massa inferiore a 200Kg) basata su tecnologia italiana e in grado di essere competitiva sul mercato internazionale in termini di tempi di realizzazione, costi e prestazioni. La piattaforma sarà in grado di assolvere diverse esigenze nel settore dei satelliti di piccole dimensioni e ad alta tecnologia soddisfacendo varie tematiche applicative.

Il Programma PLATiNO prevede lo sviluppo di quattro missioni, per la qualifica della piattaforma, una prima missione chiamata PLATiNO -1, basata su tecnologie ottenibili nel breve periodo, la seconda PLATiNO -2, con tecnologie più avanzate in grado di consolidare la catena di produzione, la terza PLATiNO 3 è la terza missione basata sulla piattaforma multipurpose PLATiNO ed è equipaggiata con sensoristica Ottica ad alta risoluzione (HR) dotata di GSD almeno pari a 50 cm e PLATiNO 4 è la quarta missione basata sulla piattaforma multipurpose PLATiNO ed è equipaggiata con sensoristica iperspettrale (HYP) con performance analoghe a quelle della missione PRISMA. L'ASI ha deciso di imbarcare sulla prima missione uno strumento SAR, mentre sulla seconda prevede di imbarcare uno strumento ottico.

La missione PLATiNO-1 è in via di sviluppo, il lancio è previsto nel 2023 con una vita operativa di 3 anni. PLATiNO 1, ha un payload SAR Bistatico, e acquisirà in contemporanea alla missione COSMO-SkyMed a cui sarà affiancato. Prevede due fasi operative, una prima fase a 619 Km, durante la quale il SAR opererà in maniera bistatica, in formazione con CSK o CSG, ed una seconda fase in cui il SAR opererà in maniera monostatica a 410 Km di quota. (Rif ASI) Performance SAR PLATiNO 1

	Phase A (619 km)			Phase B (410 km)		
	Monostatico		Bistatico	Monostatico		Bistatico
	ST-2 Stripmap	SP-2 Spotlight	RX-1 Stripmap	ST-1 Stripmap	SP-1 Spotlight	Stripmap
Risoluzione reale	2.80 m x 2.80 m	0.95 m x 0.95 m	2.80 m x 2.70 m	2.80 m x 2.80 m	0.95 m x 0.95 m	2.80 m x 2.80 m
Swath across track	15 km	5 km	40 km	15 km	5 km	15 km
Swath along track	up to 1000 km	5 km	up to 1000 km	up to 800 km	5 km	-
Polarization	VV	VV	V	VV	VV	V
NESZ (dB)	>> -13	>> -10	<-15.5	<-13	<-10	-

References

ASI Agenzia Spaziale Italiana <https://www.asi.it/>

Flamini E. e S. Staffieri G. Komatsu, M. Virelli, M. L. Battagliere, A. Coletta and M. Di Martino, Encyclopedic Atlas of Terrestrial Impact Craters, Editors E. Flamini, A. Coletta and M. Di Martino, [Libro]. - [s.l.] : Springer Ediction, 2019.

Lenti F. e M.L. Battagliere M. Virelli, A. Coletta, COSMO-SkyMed space data supporting disaster risk reduction [Rivista] // AIT Series Trends in earth observation Volume 1. - 2019. - p. pp. 127-130.

M.Virelli e F.Cigna D.Tapete, A.Coletta, COSMO-SkyMed: uno strumento satellitare per il monitoraggio dei beni culturali. [Sezione di libro] // Atti del convegno internazionale di studi "Monitoraggio e manutenzione nelle aree archeologiche: cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico, degrado chimico ambientale" / aut. libro A.Russo I.Della Giovampaola. - Roma-Bristol : ERMA DI BRETSCHNEIDER, 2020.

Russo A. e I.Della Giovampaola D.Spizzichino, G.Leoni, A.Coletta and M.Virelli The project of Parco archeologico del Colosseo and the Italian archaeological parks network: from satellite monitoring to conservation and preventive maintenance policies [Sezione di libro] // Sustainable Conservation of Heritage Sites Through Proactive Geosciences, edited by the Embassy of Italy in Egypt and the National Research Institute for Astronomy and Geophysics. - [s.l.] : Springer, 2020.

New satellite-as-a-service paradigm for multi-node operations in space

Massimo Zotti

Space-based Earth Observation (EO) mission scenarios are rapidly evolving and key elements of this evolution can be seen in the New Space Economy (NSE) approach, from the awareness of the value of Space-based services to the ever-increasing on-board high-performance computing power availability as well as the availability of big, distributed, satellite data. Across diverse vertical segments, users can already buy and rely on cloud-based EO services providing value-added products (VAP) to directly integrate into their core processes, making their business more efficient and effective.

With such a landscape, the AI-eXpress (AIX in short) is a new concept of satellite as-a-service (SaaS) powered by an Artificial Intelligence (AI) enhanced processing framework embarked on satellites, which is being developed within the European Space Agency (ESA) Incubed program. AIX makes available in-orbit payloads, resources, and services on-demand: services include EO data acquisition, processing, actionable information extraction, downlink, and distribution. Ready-made applications are available on a dedicated app store, and basic services can also be combined to build custom ones. Information is then transferred back to the Ground as notifications and alerts or directly exploited on-board in autonomous decision workflows. Useless data and information non-relevant to the application's workflow can be discarded, saving memory, bandwidth and thus increasing the efficiency and quality of automated pipelines too.

As a direct consequence, AIX positions as an at the Edge laboratory in Space able to foster the transition from a traditional Space model to a real commercial one, reducing bottlenecks and barriers, enabling new market opportunities to flourish, and enhancing the effectiveness of the services delivered to the Ground. Among all these innovations, in conjunction with the increasingly clear trend of recent years in having in operations constellations of smallsats devoted to EO, we are also addressing the issue of using swarm intelligence and cooperation techniques in order to consolidate the position of AIX as a system-of-systems adaptable to the problem changes and able to synchronize the satellites' plans in order to avoid duplications among the planned tasks.

ENEA

Promotion and Communication Service

enea.it

Graphic design and layout: Flavio Miglietta

Printed in September 2022 at ENEA Frascati Research Center

ISBN 978-88-8286-436-1

ENEA
Servizio Promozione e Comunicazione

settembre 2022