

Numerical Simulation of Heat Pipe Thermal Performance for Aerospace Cooling System Applications

*Original*

Numerical Simulation of Heat Pipe Thermal Performance for Aerospace Cooling System Applications / Scigliano, Roberto; De Simone, Valeria; Fusaro, Roberta; Ferretto, Davide; Viola, Nicole. - In: AEROSPACE. - ISSN 2226-4310. - ELETTRONICO. - 11:1(2024). [10.3390/aerospace11010085]

*Availability:*

This version is available at: 11583/2985734 since: 2024-02-07T10:10:02Z

*Publisher:*

MDPI

*Published*

DOI:10.3390/aerospace11010085

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# NOCTUA: potenzialità innovative per l'Osservazione della Terra

## Applicazioni in agricoltura di precisione e nel monitoraggio delle infrastrutture

di Elena Giglio, Mariangela Dejana, Marco Bevilacqua

I sistemi SAR hanno applicazioni notevoli e interessanti nell'osservazione della Terra, in particolare nel monitoraggio ambientale e delle infrastrutture, nel controllo delle risorse idriche, delle coste e degli oceani e nel controllo dell'agricoltura e risorse forestali.

Rilevante valore aggiunto del SAR è quello di acquisire immagini in tutte le condizioni atmosferiche per aiutare la prevenzione e l'analisi dei disastri dovuti a cause naturali o cause antropiche e per tutti i precursori dei fenomeni di disastri ambientali. In questo scenario NOCTUA, un progetto portato avanti da una partnership con capofila D-Orbit e finanziato dalla Regione Lombardia, offre molteplici opportunità e prevede di installare il satellite SAR su una piattaforma per mini/microsatelliti, avendo come obiettivo principale quello di abilitare un servizio all'avanguardia di osservazione della Terra per il monitoraggio di infrastrutture.



Fig. 1 - CAD model preliminare (Fonte: D-Orbit).

L'Osservazione della Terra da satellite è un mercato maturo in grande crescita. Non solo il mercato tra privati ma anche il mondo istituzionale guarda con sempre maggiore attenzione ai servizi e alle applicazioni che derivano dai dati di Osservazione della Terra e alle potenzialità che queste informazioni presentano ai cittadini. Questi dati individuano e forniscono informazioni per la ricerca e i processi decisionali, incluso il raggiungimento di società sostenibili, in un'ampia varietà di ambiti: dalle previsioni del tempo, al monitoraggio dei disastri naturali e dello stato di salute degli ecosistemi e delle comunità, dal monitoraggio dei cambiamenti climatici e le misure relative alla biodiversità e alla fauna selvatica, dalle variazioni nell'uso del suolo alla deforestazione.

(United Nations Department of Economic and Social Affairs 2020) (EO4SDG Team 2020). I dati telerilevati possono fornire un supporto per mitigare e gestire l'impatto dei disastri naturali, compresi gli incendi, le inondazioni, i terremoti e gli tsunami e la gestione sostenibile delle risorse naturali, come energia, acqua dolce e agricoltura.

Questi dati possono anche fornire un valido supporto per affrontare la diffusione di malattie emergenti e altri tipi di rischi collegati alla salute e fare previsioni relativamente agli scenari legati al riscaldamento globale (Anderson et al. 2017).

### I sistemi SAR

Il SAR ad apertura sintetica (Synthetic Aperture Radar) è un sensore di tipo attivo a microonde per l'acquisizione di immagini

ni, può quindi essere utilizzato nella Osservazione della Terra da remoto (piattaforma aerea o satellitare). Un'antenna è installata su una piattaforma e trasmette un segnale radar in direzione obliqua verso la superficie della Terra. Relativamente ad un radar convenzionale ha la rilevante proprietà di avere un'alta risoluzione non solo in distanza ma anche in angolo. Questa proprietà è dovuta alla particolare tecnica di elaborazione coerente dei singoli ritorni dai singoli elementi del terreno osservati, che compaiono nel tempo sotto angolazioni diverse. Il segnale riflesso, detto eco, viene quindi retrodiffuso dalla superficie e ricevuto una frazione di secondo dopo dalla stessa antenna (radar monostatico).

Per sistemi radar coerenti come il radar ad apertura sintetica, l'ampiezza e la fase dell'eco ricevuta, che vengono utilizzati durante il processo di focalizzazione per costruire l'immagine, vengono registrati.

La caratteristica principale di un SAR è quella di fornire un'immagine di rilevanti dimensioni con una notevole qualità in ogni tempo, di notte e di giorno; a differenza dei sensori ottici (Piccardi 1995), il SAR ha la proprietà di osservare oggetti attraverso le nuvole e sotto la superficie terrestre, in molteplici tipi di substrati: strati di ghiaccio, di terreno, di sabbia e di deserto. Tra i parametri specifici del SAR di interesse per questo articolo si riporta la lunghezza d'onda.

Le onde radio sono quella parte dello spettro elettromagnetico che ha lunghezza d'onda considerevolmente più lunga della luce visibile, cioè nel do-

minio del centimetro.

La penetrazione è il fattore chiave per la selezione della lunghezza d'onda: più lunga è la lunghezza d'onda, e dunque più corta è la frequenza, maggiore è la penetrazione nella vegetazione e nel suolo.

Di seguito sono riportate lunghezze d'onda generalmente usate:

Banda P = ~ 65 cm aereo

AIRSAR

Banda L = ~ 23 cm aereo / spaziale JERS-1 SAR, ALOS PALSAR

Banda S = ~ 10 cm aereo / spaziale Almaz-1

Banda C = ~ 5 cm aereo / spaziale ERS-1/2 SAR, RADARSAT-1/2, ENVISAT ASAR

Banda X = ~ 3 cm aereo / spaziale TerraSAR-X, COSMO-SkyMed

Banda K = ~ 1.2 cm aereo

Dominio militare

Modalità e tecniche di acquisizione SAR

A seconda della configurazione del sistema, i sensori SAR possono acquisire dati in diverse modalità:

- ▶ utilizzare l'intera distanza acquisita per l'immagine di una lunga striscia di terreno (Stripmap)
- ▶ illuminare una striscia di terreno a qualsiasi angolazione rispetto al movimento del percorso (ScanSAR)
- ▶ Imaging di una scena con una risoluzione più fine e con più angoli di visualizzazione (Spotlight)

Dati acquisiti in diverse modalità possono essere elaborati con differenti tecniche di elaborazione: Interferometria, Polarimetria e Polarimetria-Interferometria.

### Applicazioni SAR nel monitoraggio Terrestre

Tra le principali e più interessanti applicazioni dei sistemi SAR particolare interesse è rappresentato dalle implicazioni nel monitoraggio ambientale e delle infrastrutture, nella prevenzione e gestione dei disastri ambientali, nel controllo delle risorse idriche, degli oceani e delle coste, nel controllo delle risorse agricole e forestali, nel controllo degli edifici e in generale in cartografia, fornendo dati per una nuova cartografia tecnica e tematica ad alta risoluzione che potrà essere realizzata grazie alle caratteristiche delle immagini acquisite, con la possibilità di realizzare modelli digitali tridimensionali del suolo ad elevata precisione, utilizzabili in una molteplicità di applicazioni. Rilevante valore aggiunto del SAR è quello di acquisire immagini con ogni condizione meteorologica per aiutare nella prevenzione e analisi di eventi calamitosi dovuti a cause naturali o antropiche e per tutti i fenomeni precursori dei disastri ambientali (A. Taramelli et al. 2015), migliorando la capacità di monitoraggio e valutazione dei danni nel caso di frane e alluvioni, dove è utile per le misurazioni dell'estensione delle inondazioni e spesso usato per fare mappe delle inondazioni (Musa, Popescu, and Mynett 2015) (Long, Fatoyinbo, and Policelli 2014), terremoti ed eruzioni vulcaniche.

A questo scopo acquisisce dati la costellazione di Cosmo SkyMed, che opera in banda X, che tra i molteplici utilizzi per scopi militari e civili prevede frane e alluvioni per il sistema di Protezione Civile, supporta le attività di coordinamento per i soccorsi in caso di terremoti o incendi e controlla dall'alto le aree di crisi. Inoltre, rappresenta un potente strumento per la sicurezza e la sorveglianza di territori e per

monitorare la presenza di nuovi insediamenti o opere e per tenere sotto controllo tutte quelle situazioni di abbassamento del suolo o sottosuolo che sono frequente causa di cedimenti strutturali e crolli.

Questi sistemi forniscono informazioni del tutto innovative per lo studio, il controllo e il monitoraggio dell'ambiente, lo stato delle coste, dei mari e delle acque interne, al fine di valutare fenomeni di erosione costiera e di inquinamento, riveste una notevole importanza, rappresentando un valido strumento di supporto di gestione nello scenario dei cambiamenti climatici globali (Bartsch et al. 2020) e nella prevenzione, nel monitoraggio e nella gestione dei rischi naturali ed antropici, nonché un prezioso aiuto per il controllo del traffico marittimo (Renga et al. 2011). Tra i parametri ambientali di particolare interesse risulta la possibilità di controllo del patrimonio forestale e boschivo (Proisy et al. 2000) e degli studi di idrologia, che dipendono dalle condizioni meteorologiche (vento e pioggia), vegetazione emergente, angolo di incidenza e polarizzazione e modalità utilizzata per l'acquisizione dei dati (Sun, Ishidaira, and Bastola 2009).

Come già anticipato i radar ad apertura sintetica presentano notevoli vantaggi nella classificazione dei terreni e dell'uso del suolo (Schiavon et al. 2021), insieme al monitoraggio delle colture durante il ciclo di crescita, anche al fine di ottimizzare i raccolti. È dunque una tecnica efficace e importante nel monitoraggio delle colture e di altri obiettivi agricoli perché non solo la sua acquisizione non è affetta dalla copertura nuvolosa (Beriaux et al. 2013), ma permette di valutare lo stato del raccolto e l'umidità del suolo e ottimizzare di molto l'uso di acqua e fertilizzanti. Il

SAR è sensibile alle strutture geometriche e alle proprietà dielettriche dei bersagli e ha una certa capacità di penetrazione verso alcuni bersagli agricoli. Le capacità del SAR per le applicazioni agricole possono essere organizzate in tre categorie principali: identificazione delle colture e statistiche sull'area di semina delle colture, estrazione dei parametri delle colture e dei terreni coltivati e stima della resa delle colture (an LIU et al. 2019).

Negli ultimi anni, con i notevoli progressi nei sistemi di telerilevamento SAR, le fonti di dati SAR disponibili si sono notevolmente arricchite. L'accuratezza della classificazione delle colture e dell'estrazione dei parametri mediante dati SAR è stata progressivamente migliorata. Il telerilevamento SAR ha un grande potenziale e svolgerà un ruolo più significativo nei vari campi del telerilevamento agricolo (Ballester-Berman, Lopez-Sanchez, and Fortuny-Guasch 2005).

Questi nuovi sensori consentiranno l'ulteriore sviluppo di applicazioni SAR in agricoltura, in particolare nella mappatura dei tipi di colture, nella valutazione delle condizioni delle colture, nella stima dell'umidità del suolo (Beauregard, Goita, and Magagi 2016) e nella stima della resa delle colture. Il SAR giocherà un ruolo sempre più importante e insostituibile nel campo del telerilevamento agricolo (an LIU et al. 2019).

Per questo e per altre importanti implicazioni del SAR non solo in agricoltura ma anche nel monitoraggio delle infrastrutture critiche, lo sviluppo di questi sensori riveste una notevole importanza fornendo uno strumento utile per i decisori (Schiavon et al. 2021) (Schiavon, Taramelli, and Tornato 2021).

A questo si aggiunge che un

esiguo numero di Paesi ad oggi sviluppa questa tecnologia: l'Italia, leader nel mondo grazie alla costellazione Cosmo Sky-Med, l'Argentina con il satellite SAOCOM, il Canada con il sistema RADARSAT ne sono i principali detentori.

Il Progetto SIASGE (Italian-Argentinian satellite system for Disaster Management and economic development) è il risultato della partnership tra i due Paesi, che hanno deciso di sviluppare un sistema operativamente integrato, per gestire e prevenire le grandi emergenze naturali e ambientali. È composto dai satelliti COSMO-SkyMed, che acquisiscono in banda X, e dai satelliti SAOCOM che acquisiscono immagini con un SAR in banda L.

#### Il caso specifico: NOCTUA

NOCTUA è il pilota di un servizio commerciale per la raccolta, il processamento, l'analisi e la distribuzione di dati per il monitoraggio delle infrastrutture e del territorio lombardo attraverso un satellite SAR. Il partenariato del progetto vede la partecipazione di D-Orbit SpA (capofila); MetaSensing-Beta 80 SpA - Fondazione Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica EUCENTRE - IUSS di Pavia - TRE ALTA-MIRA srl con la consulenza di Fondazione Politecnico di Milano e il sostegno di Lombardia Aerospace Cluster e Fondazione Cluster Tecnologie per le Smart Cities & Communities - Lombardia. NOCTUA, finanziato da Regione Lombardia (POR-FESR 2014-2020), prevede di installare il satellite SAR su una piattaforma per mini/microsatelliti, avendo come obiettivo principale quello di abilitare un servizio all'avanguardia di osservazione della Terra per il monitoraggio di infrastrutture, quali strade, ponti,

dighe, edifici, aree urbane e rurali e di risorse naturali, quali montagne, fiumi, laghi, ghiacciai e nevai. Il progetto punta a dimostrare la capacità di implementare un segmento spaziale dedicato a basso costo e ad alta risoluzione, che possa essere commercialmente fruibile e user friendly e che possa essere utilizzato anche all'interno di una costellazione, rendendo così il servizio di osservazione della Terra competitivo e scalabile. Stando agli attuali dati, il sensore garantirà prestazioni di altissimo livello anche inferiori al metro (sub-meter / <1m).

Lo sviluppo tecnologico del progetto può essere associato a 3 segmenti differenti:

Il segmento spaziale: costituito dal microsatellite per la generazione di dati OT (dotato di tecnologia radar ad apertura sintetica (SAR) ad alta risoluzione e basso costo; fase di processamento dati SAR che include: processamento dati da satellite; preparazione dati input piattaforma cloud; segmento di Terra, ovvero la piattaforma cloud di gestione dei dati.

Il progetto, iniziato da circa un anno e mezzo, ha raggiunto elevato livello di dettaglio del design del sistema satellitare e terrestre. Per la piattaforma satellitare si sono rispettati i seguenti steps: Definizione Dei Requisiti per la piattaforma satellitare ed il sensore radar - elaborati via diffusione di un questionario ed il successivo congelamento dei requisiti per singolo servizio erogante, pricing strategy e un modello di business (con consolidamento dei costi preliminari di progetto). Design Preliminare (l'analisi preliminare di missione per determinare l'orbita operativa in base alle richieste del cliente) e Design Critico, ovvero:

- Raffinamento delle analisi complementari alla missione

- (rientro atmosferico, manovre anticollisione, mantenimento orbitale).
- Definizione dei sistemi di avionica e progettazione delle unità di avionica
- Selezione della componentistica da acquistare da fornitori terzi (radio, attuatori e sensori d'assetto)
- Configurazione fisica del sistema
- Progettazione e analisi strutturale delle componenti meccaniche strutturali e meccanismi
- Analisi termica
- Definizione dei requisiti software e delle interfacce payload-satellite
- Definizione architetturale dei mock-up di sviluppo
- Progettazione dei sistemi di supporto a terra (electrical ground support equipment, mechanical ground support equipment).

Per la definizione dei requisiti del Sensore Radar (Meta and Speziali 2021) invece, si è condotta un'indagine di mercato mirata all'identificazione degli User needs di potenziali clienti o stakeholders. Per la fase di definizione del servizio, effettuato dalla IUSS Pavia in qualità di partner del consorzio, il progetto si focalizzerà su 3

servizi specifici:

- Analisi dello spostamento del terreno per analisi subsidenza e stima interazioni/dinamiche idrogeologiche e prelievi idrici
- Monitoraggio delle colture prevalentemente in risposta a siccità e carenza idrica (sinergia dati radar e ottici)
- Mappatura delle alluvioni con un servizio che sarà in grado di fornire estensione dell'impronta alluvionale, identificazione aree critiche di intervento e quantificazione livello di danno (Giordan et al. 2018).

Una volta identificati gli user needs, si è poi proceduto con una survey sia dello stato dell'arte dei sistemi rispondenti a tali needs, sia delle possibili tecnologie abilitanti da adottare nel design dei segmenti spaziali e terrestri. Questo ha permesso la definizione dei requisiti di alto livello del sistema e l'individuazione di possibili architetture candidate al soddisfacimento degli obiettivi prefissati. Come esempio di tali requisiti si possono elencare i parametri orbitali del satellite, le capacità di rivisita, le modalità operative del SAR, le peculiarità di ognuna delle varie modalità operative, etc.

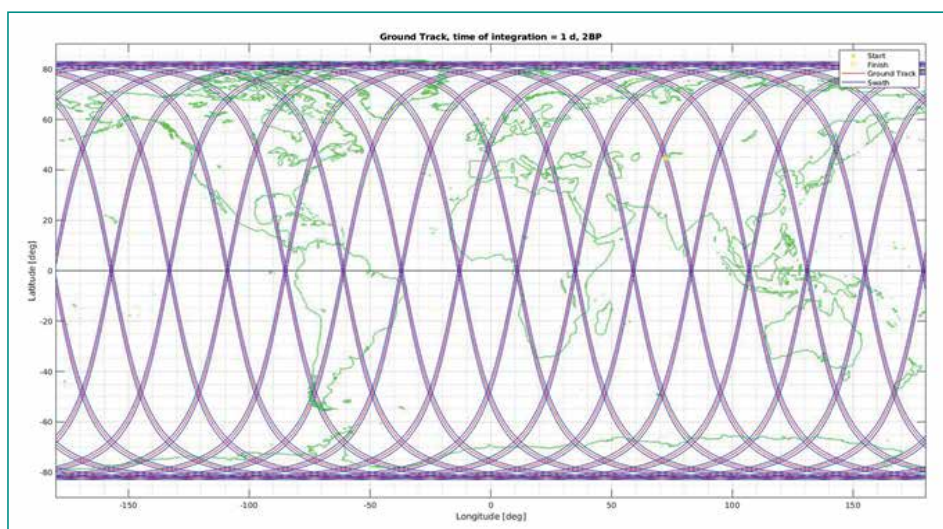


Fig. 2 - Scenario con ciclo di ripetizione di 1 giorno - 566,87 km di altitudine orbitale. L'orbita può essere centrata su un obiettivo precedentemente scelto (Fonte: riproduzione D-Orbit).

## NOCTUA e l'implicazione sull'agricoltura di precisione

Le chiare identificazione delle caratteristiche del radar, ovvero banda di frequenza, polarizzazione, tempo di rivisitazione e risoluzione al suolo, anche nell'obiettivo centrale di rispondere a quelli che sono gli obiettivi principali del progetto rispetto agli obiettivi strategici (IMG 3), risulta essere cruciale nella definizione delle principali caratteristiche del satellite NOCTUA in banda X. Nel caso specifico della classificazione dei tipi di culture tramite dato SAR inoltre, come affermato da Jia (Jia et al. 2012), bisogna tenere in considerazione che l'accuratezza del dato dipende principalmente dalla sensibilità del coefficiente di retrodiffusione radar alla differenza nelle caratteristiche biofisiche della struttura della pianta, così come sono influenzati dalle peculiari variazioni indotte nel backscattering dal ciclo di crescita di una data pianta.

Con il lancio dei satelliti TerraSAR-X e COSMO-SkyMed, l'uso dei dati SAR in banda X è stato ampiamente dimostrato a livello di efficacia/efficienza (Mori, Marzano, and Pierdicca 2020). Altrettanto dimostrato (Villa et al. 2015) (Jia et al. 2012), è l'utilizzo congiunto e sinergico di dati SAR

in banda C e dati SAR in banda X, in grado di riprodurre dati più performanti, a totale vantaggio dell'utilizzatore finale (eg maggiori risoluzioni spaziali e temporali).

### Il satellite in banda X

NOCTUA quindi, se utilizzato in sinergia con altre costellazioni e altre bande, potrebbe avere performance eccellenti, generando la riproduzione accurata di mappe per la classificazione delle culture. Stando alle rielaborazioni interne del partner del progetto responsabile per l'attività di "user requirements", il tipo di dato elaborato via NOCTUA, se appunto utilizzato in sinergia con altre costellazioni, riuscirà a fornire una maggiore precisione in termini di risoluzione al suolo (potenzialmente più alta rispetto ad altri satelliti come Sentinel-1). Questo punto sarà fondamentale per determinare prodotti di serie temporali di deformazione del suolo, soprattutto nei casi di subsidenza indotta dall'uomo.

### Conclusioni

NOCTUA, attualmente ancora in fase di sviluppo, consentirà uno sviluppo tecnologico unico nel suo genere ed offre senz'altro un nuovo modo di leggere il territorio (in coerenza con la strategia di specializzazione intelligente

regionale), fornendo a cittadini, amministrazioni pubbliche e aziende private un modo innovativo per preservare l'ecosistema e le infrastrutture, e allo stesso tempo sfruttarle in modo sicuro e responsabile.

NOCTUA, grazie alla presenza di una interfaccia grafica user friendly ed alla disponibilità del dato processato su app gestito da una piattaforma cloud, è pensato per rispondere alla grande sfida connessa al mondo dei dati Osservazione della Terra, ovvero massimizzare fruibilità del servizio anche verso soggetti non tecnici.

Ciò permetterà di superare quelle difficoltà tipiche dal complesso processo di accesso, acquisizione ed elaborazione dei dati SAR grezzi, emerse anche nel contesto del programma europeo Copernicus dove la difficoltà appunto nell'accesso/acquisizione del dato, unito alla frammentazione del mercato, alla difficoltà nel collegare e far incontrare in modo efficiente domanda e offerta di prodotti e servizi offerti (Andrea Taramelli, De Bernardinis, and Castellani 2020), risultano essere alcuni dei principali problemi del programma, limitando il vero sviluppo dell'enorme mercato downstream ad esso collegato.



Fig. 3 - Obiettivi di progetto (blu) Vs Obiettivi strategici (rosso) ( Fonte: riproduzione D-Orbit).

## BIBLIOGRAFIA

- an LIU, Chang, Zhong xin CHEN, Yun SHAO, Jin song CHEN, Tuya Hasi, and Hai zhu PAN. 2019. "Research Advances of SAR Remote Sensing for Agriculture Applications: A Review." *Journal of Integrative Agriculture* 18 (3): 506–25. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62016-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62016-7).
- Anderson, Katherine, Barbara Ryan, William Sonntag, Argyro Kavvada, and Lawrence Friedl. 2017. "Earth Observation in Service of the 2030 Agenda for Sustainable Development." *Geo-Spatial Information Science* 20 (2). <https://doi.org/10.1080/10095020.2017.1333230>.
- Ballester-Berman, J David, Juan M Lopez-Sanchez, and Joaquim Fortuny-Guasch. 2005. "Retrieval of Biophysical Parameters of Agricultural Crops Using Polarimetric SAR Interferometry." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 43 (4): 683–94. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2005.843958>.
- Bartsch, Annett, Sarah Ley, Ingmar Nitze, Georg Pointner, and Gonçalo Vieira. 2020. "Feasibility Study for the Application of Synthetic Aperture Radar for Coastal Erosion Rate Quantification Across the Arctic." *Frontiers in Environmental Science* 8. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00143>.
- Beaugard, Vincent, Kalifa Goita, and Ramata Magagi. 2016. "Empirical Model for Surface Soil Moisture Estimation over Wheat Fields Using C-Band Polarimetric SAR." *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) 2016-Novem*: 1695–98. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2016.7729433>.
- Beriaux, Emilie, Cozmin Lucau-Danila, Eric Auquier, and Pierre Defourny. 2013. "Multiyear Independent Validation of the Water Cloud Model for Retrieving Maize Leaf Area Index from SAR Time Series." *International Journal of Remote Sensing* 34 (12): 4156–81. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.772676>.
- EO4SDG Team. 2020. "EO4SDG EARTH OBSERVATIONS In Service of the 2030 Agenda for Sustainable Developments: Strategic Implementation Plan 2020-2024." *Strategic Implementation Plan 2020-2024*.
- Giordan, Daniele, Davide Notti, Alfredo Villa, Francesco Zucca, Fabiana Calò, Antonio Pepe, Furio Dutto, Paolo Pari, Marco Baldo, and Paolo Allasia. 2018. "Low Cost, Multiscale and Multi-Sensor Application for Flooded Area Mapping." *Natural Hazards and Earth System Sciences* 18 (5): 1493–1516. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-1493-2018>.
- Jia, Kun, Qiangzi Li, Yichen Tian, Bingfang Wu, Feifei Zhang, and Jihua Meng. 2012. "Crop Classification Using Multi-Configuration SAR Data in the North China Plain." *International Journal of Remote Sensing* 33 (1): 170–83. <https://doi.org/10.1080/01431161.2011.587844>.
- Long, Stephanie, Temilola E Fatoyinbo, and Frederick Policelli. 2014. "Flood Extent Mapping for Namibia Using Change Detection and Thresholding with SAR." *Environmental Research Letters* 9 (3). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/3/035002>.
- Meta, Adriano, and Filippo Speziali. 2021. "Design and Performance Analysis of the MetaSensing StarSAR-X, the Phased Array SAR Payload of the NOCTUA Project." *Proceedings of the European Conference on Synthetic Aperture Radar, EUSAR 2021-March*: 965–68.
- Mori, Saverio, Frank S. Marzano, and Nazzareno Pierdicca. 2020. "X-Band Synthetic Aperture Radar Methods." *Advances in Global Change Research* 67: 315–39. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-24568-9\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24568-9_18).
- Musa, Z N, I Popescu, and A Mynett. 2015. "A Review of Applications of Satellite SAR, Optical, Altimetry and DEM Data for Surface Water Modelling, Mapping and Parameter Estimation." *Hydrology and Earth System Sciences* 19 (9). <https://doi.org/10.5194/hess-19-3755-2015>.
- Piccardi, Giovanni. 1995. *Elaborazione Del Segnale Radar. Metodologie Ed Applicazioni*. Edited by Franco Angeli.
- Proisy, C, E Mougou, E Dufrene, and V Le Dantec. 2000. "Monitoring Seasonal Changes of a Mixed Temperate Forest Using ERS SAR Observations." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 38 (1). <https://doi.org/10.1109/36.823949>.
- Renga, Alfredo, Maria D Graziano, M D'Errico, A Moccia, and A Cecchini. 2011. "SAR-Based Sea Traffic Monitoring: A Reliable Approach for Maritime Surveillance." In . <https://doi.org/10.1117/12.897986>.
- Schiavon, Emma, Andrea Taramelli, and Antonella Tornato. 2021. "Modelling Stakeholder Perceptions to Assess Green Infrastructures Potential in Agriculture through Fuzzy Logic: A Tool for Participatory Governance." *Environmental Development*, September, 100671. <https://doi.org/10.1016/J.ENVDEV.2021.100671>.
- Schiavon, Emma, Andrea Taramelli, Antonella Tornato, and Fabio Pierangeli. 2021. "Monitoring Environmental and Climate Goals for European Agriculture: User Perspectives on the Optimization of the Copernicus Evolution Offer." *Journal of Environmental Management* 296: 113121. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113121>.
- Sun, Wenchoo, Hiroshi Ishidaira, and Satish Bastola. 2009. "Estimating Discharge by Calibrating Hydrological Model against Water Surface Width Measured from Satellites in Large Ungauged Basins." *Annual Journal of Hydraulic Engineering* 53: 49–54.
- Taramelli, A., L. Di Matteo, P. Ciavola, F. Guadagnano, and C. Tolomei. 2015. "Temporal Evolution of Patterns and Processes Related to Subsidence of the Coastal Area Surrounding the Bevano River Mouth (Northern Adriatic) – Italy." *Ocean & Coastal Management* 108 (May): 74–88. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2014.06.021>.
- Taramelli, Andrea, Bernardo De Bernardinis, and Maria Vittoria Castellani. 2020. "Il Programma Copernicus e Il Ruolo Della Sua Academy All ' Epoca Dei Big Data." *FUP Journals CONTESTI C*: 36–51. <https://doi.org/10.13128/con-test-11868>.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. 2020. "Good Practices, Success Stories and Lessons Learned in SDG Implementation." *Sustainable Development Knowledge Platform*, no. March 2020: 1–3. <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs/goodpractices>.
- Villa, Paolo, Daniela Stroppiana, Giacomo Fontanelli, Ramin Azar, and Pietro Alessandro Brivio. 2015. "In-Season Mapping of Crop Type with Optical and X-Band SAR Data: A Classification Tree Approach Using Synoptic Seasonal Features." *Remote Sensing* 7 (10): 12859–86. <https://doi.org/10.3390/rs71012859>.

## PAROLE CHIAVE

EARTHOBSERVATION; SAR; MONITORING; PRECISION FARMING

## ABSTRACT

SAR systems have notable and interesting applications in Earth Observation, in particular in environmental and infrastructure monitoring, in the control of water resources, oceans and coasts and in the control of agricultural and forest resources.

Relevant added value of the SAR is to acquire images in all weather conditions to help in the prevention and analysis of disasters due to natural or anthropogenic causes and for all precursor phenomena of environmental disasters. In this scenario NOCTUA, a project carried out by a partnership led by D-Orbit and funded by Lombardia Region, offers multiple opportunities, representing a platform with a phased array SAR payload, to be developed by MetaSensing, at competitive costs and with excellent acquisition performance on the international scene.

## AUTORE

ELENA GIGLIO

ELENA.GIGLIO@POLITO.IT

POLITECNICO DI TORINO, CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI, 24, 10129 TORINO TO,

MARIANGELA DEJANA

MARIANGELA.DEJANA@UNIROMA1.IT

SCUOLA DI INGEGNERIA AEROSPAZIALE, UNIVERSITÀ DI ROMA "LA SAPIENZA", VIA SALARIA 865, ROMA,

MARCO BEVILACQUA

MARCO.BEVILACQUA@DORBIT.SPACE

D-ORBIT, VIALE RISORGIMENTO, 57 22073 FINO MORNASCO, COMO CO,



**Lago Maharloo**  
(17 settembre 2021)

Il lago Maharloo, un lago salato stagionale che si trova in Iran, è mostrato in questa immagine catturata dalla missione Copernicus Sentinel-2. Maharloo si trova ad una altitudine di circa 1400 m sul livello del mare, in una località a 27 km a sud est di Shiraz, nell'Iran sud occidentale. In questa regione desertica l'evaporazione annuale è di molto maggiore delle precipitazioni nello stesso periodo, sicchè spesso il lago si presenta molto secco. A causa del suo alto tasso di evaporazione nel corso del tempo il letto del lago si è ricoperto di sale. Questa cresciuta salinità delle acque ha consentito a certe alghe di proliferare e ricoprire la superficie del lago. L'acqua ospita una varietà di organismi che mostrano colori che vanno dal rosa all'arancione ed al rosso, con l'intensità dei colori che differisce a seconda del periodo dell'anno. Normalmente, più il lago è profondo più scure appaiono le sue acque. Giacchè il lago è stagionale il livello delle acque scende in estate e sale nuovamente in inverno. In questa immagine, acquisita nel giugno del 2019, il lago appare di arancione scuro il che significa che il livello delle sue acque è molto basso, ma che comunque c'è ancora acqua. Al confronto, Maharloo è risultato completamente secco nel giugno del 2021. Come accade in molti altri casi di laghi desertici, il sale asportato dall'acqua proviene dalle montagne circostanti e si accumula, risultando così visibile in questa immagine come una crosta di colore bianco lungo le sponde. In alcune zone del lago sono state costruite delle infrastrutture adibite proprio alla estrazione del sale (nell'immagine alcune di esse sono visibili lungo la costa meridionale). L'eccessiva salinità del lago ostacola lo sviluppo di organismi al suo interno, quali specialmente i pesci. Tuttavia, alcuni uccelli – tra cui il fenicottero - migrano sul Maharloo durante i mesi estivi. Shiraz, visibile in alto a sinistra nell'immagine, è la quarta più popolata città dell'Iran. L'Aeroporto Internazionale di Shiraz si può osservare appena a sud della città. Con i suoi 13 canali spettrali la nuova camera da ripresa di Sentinel-2 può acquisire parametri di qualità dell'acqua come la concentrazione superficiale di clorofilla, oppure segnalare dannose fioriture di alghe, oppure misurare la torbidità (o trasparenza) dell'acqua, dando chiare indicazioni della sua salute e sul suo livello di inquinamento.

Traduzione: Gianluca Pititto  
Crediti: European Space Agency

