

# Dati satellitari di osservazione della Terra, strumenti digitali e città sostenibili

di Deodato Tapete

**Dati e prodotti satellitari di osservazione della Terra sono una risorsa informativa per le applicazioni urbane, ma gli strumenti digitali che li rendono disponibili (GIS, piattaforme, cruscotti, Digital Twin) devono essere user-driven, sostenibili e di facile utilizzo.**



**L**e immagini acquisite dai satelliti di osservazione della Terra costituiscono oggi una fonte primaria di dati geospaziali a supporto delle applicazioni urbane. Con l'evoluzione degli strumenti informatici che consentono l'elaborazione delle immagini e la visualizzazione e analisi dei prodotti da esse derivati, si aprono molte opportunità per arricchire il tipico portfolio delle basi cartografiche.

La filiera di questo processo inizia dalla visualizzazione delle immagini satellitari, in formato *raster*, all'interno di sistemi informativi geografici (GIS). L'utilizzo è sempre più pervasivo al punto tale che il binomio dati satellitari – sistemi GIS è sancito anche dalla denominazione e dai programmi dei moduli di insegnamento universitari, in Italia e all'estero. Infatti la formazione sulle tecniche e tecnologie di telerilevamento satellitare si abbina frequentemente

ai fondamenti e funzionalità avanzate nell'uso del GIS. Come strati informativi, le immagini satellitari e i loro prodotti derivati sono impiegati per svolgere analisi di processi naturali e antropici, a diverse scale di studio e a supporto delle più svariate applicazioni. Gli usi spaziano dalla semplice base geografica di riferimento spaziale (la classica *basemap* per capire in quale parte del mondo ci si trova) alla generazione di veri e propri prodotti tematici e cartografici.

In questo reame applicativo piuttosto ampio si riscontra un crescente ricorso alle immagini satellitari per realizzare aggiornamenti cartografici e produrre modelli 3D. Le precisioni che si possono raggiungere sono spesso molto alte, anche nell'ordine di poche decine di centimetri. Una tale performance è innanzitutto conseguenza delle risoluzioni spaziali con le quali le immagini vengono acquisite

dai sensori a bordo dei satelliti. Un'ulteriore fattore è indubbiamente la robustezza dei metodi di restituzione, correzione delle distorsioni e georeferenziazione. Rispetto ai voli fotogrammetrici tradizionali e a rilievi con strumentazioni di prossimità (ad es. droni), le osservazioni satellitari presentano dei notevoli vantaggi, soprattutto in termini di copertura areale per singola ripresa e di rivisitazione temporale. Il fattore temporale è tanto importante quanto quello spaziale. Per semplicità è possibile distinguere due grandi tipologie di satelliti: quelli che effettuano acquisizioni regolari e ripetute nel tempo, secondo un piano di acquisizione predefinito, e quelli che acquisiscono immagini su richiesta (*on demand*), coprendo una data area a un determinato orario, in relazione all'esigenza specifica dell'utilizzatore finale. Esempi eccellenti della prima tipologia sono le missioni Landsat e i satelliti Sentinel

del programma europeo Copernicus. Mentre del secondo tipo è possibile citare non solo i satelliti gestiti da operatori commerciali (ad es. WorldView), ma anche missioni nazionali quali COSMO-SkyMed e PRISMA dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI).

### **Ruolo e programmi dell'ASI**

Nell'ambito della propria missione istituzionale quale ente pubblico nazionale con il compito di preparare e attuare la politica spaziale italiana in accordo con le linee guida del Governo, l'ASI favorisce la distribuzione dei dati delle missioni satellitari nazionali di osservazione della Terra. Inoltre l'ASI promuove attività di ricerca e sviluppo che mettono a frutto le sinergie con i dati del programma europeo Copernicus e delle missioni satellitari in cooperazione bilaterale, nonché con le infrastrutture di ricerca nazionali e comunitarie (ASI 2022).

Gli investimenti degli ultimi decenni nella *data exploitation* (ossia l'utilizzo dei dati satellitari da parte degli utenti) hanno portato a un incremento sensibile nello spettro sia degli utilizzatori finali sia delle applicazioni realizzabili. Fra queste vanno annoverate anche le produzioni cartografiche. Un esempio eccellente di Pubblica Amministrazione che ha progressivamente inserito i dati satellitari nel proprio flusso di lavoro per la produzione cartografica è certamente la Regione Toscana, e in particolare l'ex Settore Cartografico, oggi Settore Sistema Informativo e Pianificazione del Territorio di Regione Toscana. A fianco della diffusione dei dati satellitari, l'ASI promuove lo sviluppo e la dimostrazione di nuovi servizi ed applicazioni satellitari (il cosiddetto *downstream*) che, una volta

consolidati e validati, possono essere impiegati dai cittadini e valorizzati dalle Istituzioni per implementare le varie politiche nazionali in un'ottica di applicazioni integrate.

Pertanto i dati satellitari e i prodotti da essi derivati – compresi quindi anche quelli cartografici – costituiscono uno dei vari e molteplici strati informativi che, ci si attende, siano combinati con dati di natura non spaziale e i risultati di metodi analitici di ultima generazione, ad es. di Intelligenza Artificiale. Gli ambienti in cui questa integrazione avviene più di frequente includono ambienti GIS, piattaforme applicative, cruscotti (*dashboard*) informatici e *Digital Twin*. Allo scopo di supportare la comunità nazionale in questo settore, a partire dalla fine del 2021 l'ASI ha avviato un programma dedicato denominato *Innovation for Downstream Preparation* (I4DP) che promuove lo sviluppo dimostrativo (per casi d'uso) di servizi a valore aggiunto basati sull'utilizzo dei sistemi satellitari di telecomunicazioni (TLC), navigazione (NAV) e sui dati di osservazione della Terra (OT), anche combinati tra loro in modo sinergico e, ove necessario, integrati con servizi non-spaziali al fine di promuovere l'utilizzo degli asset spaziali di OT fruibili dalla comunità nazionale (sistemi nazionali, ESA, Copernicus, ecc.) riducendo il *digital divide* (ASI 2022). Il programma si compone delle seguenti tre linee, ciascuna rivolta a uno specifico segmento della comunità utente: I4DP\_PA per le Pubbliche Amministrazioni ai fini dello sviluppo di servizi istituzionali; I4DP\_MARKET per l'Utenza Commerciale (micro, piccole, medie e grandi imprese, start-up e spin-off) che opera nell'ambito del *downstream*; I4DP\_

SCIENCE per le Università e gli Enti di Ricerca pubblici che siano interessati allo sviluppo di applicativi basati su nuovi metodi e algoritmi di analisi di dati satellitari e formazione di personale a qualificazione medio-alta, in diversi settori applicativi e del *downstream* scientifico.

### **Nuovi prodotti satellitari e città sostenibili**

Nell'ambito della linea I4DP\_SCIENCE, la prima chiamata alla manifestazione di interesse per la raccolta di idee progettuali (*Call for ideas* tematica) è stata incentrata sulle "Città Sostenibili". Il tema conferma il riconoscimento da parte dell'ASI della centralità delle applicazioni a supporto del miglioramento della sostenibilità degli ambienti urbani e antropizzati in termini ambientali e socio-economici. Le idee progettuali che sono state raccolte mediante questa *call for ideas* potevano riguardare uno o più dei seguenti ambiti applicativi: gestione dei rischi naturali e antropici; salvaguardia dell'ambiente, del patrimonio culturale e paesaggistico nazionale; monitoraggio della qualità dell'aria e delle acque; mitigazione degli eventi meteo-climatici e degli effetti del riscaldamento globale; buona gestione del verde pubblico e dei beni pubblici.

Fra i diversi progetti che sono stati attivati dall'ASI, in questo contesto merita citare il progetto denominato "Identificazione delle *Local Climate Zones* e studio della loro correlazione con la temperatura dell'aria nella Città Metropolitana di Milano tramite l'integrazione di dati geospaziali e tecnologie di Osservazione della Terra in ambiente *Open Data Cube* (LCZ-ODC)", svolto in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICA)

del Politecnico di Milano (POLIMI). Il progetto LCZ-ODC ha affrontato il tema delle isole urbane di calore (Oxoli et al. 2023), partendo dal modello delle *Local Climate Zones* (LCZ; Stewart & Oke 2012), il quale permette la segmentazione in classi del suolo urbano sulla base dell'intensità dell'isola di calore considerando le proprietà chimico-fisiche e termiche delle superfici.

La figura 1 mostra un esempio di mappa di LCZ generata attraverso l'applicazione web *LCZ Generator* basata su dati e *software* liberamente accessibili (Demuzere et al. 2021). Questa mappa testimonia come oggi sia possibile creare prodotti applicativi da dati di osservazione della Terra e/o geospaziali che, a seguito di ulteriore elaborazione e analisi, possono confluire in uno o più prodotti cartografici. Gli scopi applicativi possono ricomprendere la modellazione microclimatica urbana, la pianificazione urbana, la progettazione e realizzazione di in-

terventi che vanno dalla singola architettura alla riqualificazione urbana o alla stesura di un *masterplan*.

Rispetto all'applicativo *LCZ Generator* e ad altre metodologie basate o solo sull'uso di immagini satellitari (*remote sensing-based*), ma mancanti di dati fondamentali sulla morfologia urbana come ad es. l'altezza degli edifici) o sul calcolo delle proprietà geometriche e termico-radiative delle superfici delle LCZ usando diversi dati geospaziali (*GIS-based*, ma dipendenti dalla disponibilità di questi dati per il contesto urbano di interesse), il progetto LCZ-ODC si è posto una sfida di innovazione.

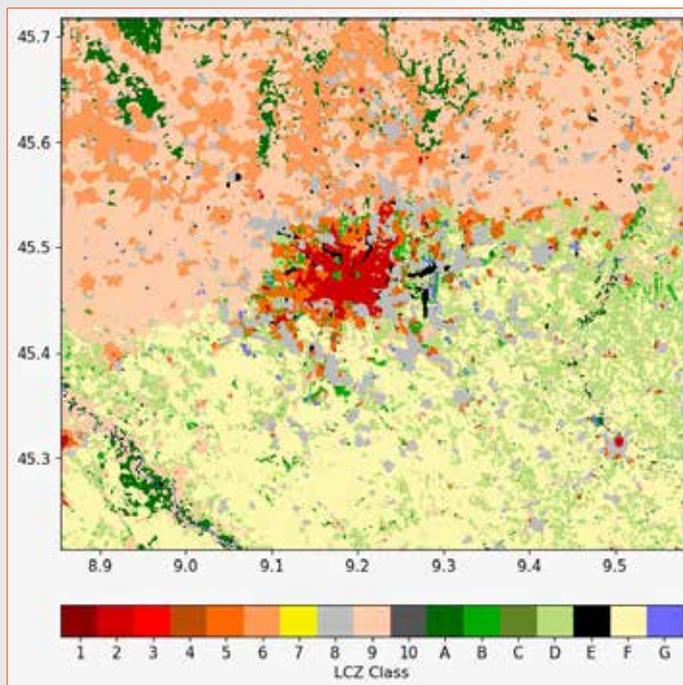
Il flusso di lavoro LCZ-ODC ha previsto l'integrazione di immagini satellitari iperspettrali della missione PRISMA e multispettrali della missione Sentinel-2, con dati geospaziali aperti, regionali e/o globali, per il calcolo dei parametri che consentono di descrivere le caratteristiche morfologiche co-

struttive di un ambiente urbano (*Urban Canopy Parameters*).

L'algoritmo di classificazione supervisionato utilizzato è stato di tipo *Random Forest*. In particolare è stata usata la tecnologia *Open Data Cube* (ODC), ossia una piattaforma di *cloud-computing* capace di integrare e gestire dati geospaziali multi-dimensionali e multi-temporali con formati e risoluzioni eterogenee in un singolo *end-point*. Il *software* è stato utilizzato per l'archiviazione e l'elaborazione delle immagini satellitari e come fonte di dati *analysis-ready*, utili alla generazione dei campioni di addestramento per la classificazione delle immagini. Gli strati informativi inseriti nell'ODC hanno incluso anche mappe di copertura del suolo, *database* topografici e *Digital Terrain Model*. Per lo studio della correlazione tra le LCZ e isola di calore sono stati infine considerati (e integrati nell'ODC) dati meteorologici, tra i quali la temperatura dell'aria. Nel caso della Città Metropolitana di Milano sono stati usati i dati forniti dalle stazioni di monitoraggio regionali di ARPA Lombardia (Oxoli et al. 2023).

A fianco dello sviluppo algoritmico e della sperimentazione, è stata condotta anche un'approfondita analisi dei requisiti utente (Vavassori et al. 2023), ossia dei requisiti che le mappe di LCZ risultanti dal flusso di lavoro dovevano soddisfare affinché potessero essere impiegate dagli utilizzatori finali (ad es. architetti, ingegneri, osservatori meteorologici, uffici tecnici delle ARPA). Fra i requisiti si è evidenziata una chiara differenziazione circa le preferenze di risoluzione spaziale delle mappe di LCZ, principalmente con riferimento a tre intervalli: inferiore a 30 m, fra 30 e 50 m, e superiore a 50 m. Ne consegue

**Fig. 1 -** Mappa di *Local Climate Zone* (LCZ) della Città Metropolitana di Milano generata con metodologia WUDAPT. Legenda:  
 1 – Compact High-Rise;  
 2 – Compact Mid-Rise;  
 3 – Compact Low-Rise;  
 4 – Open High-Rise;  
 5 – Open Mid-Rise;  
 6 – Open Low-Rise;  
 7 – Lightweight low-rise;  
 8 – Large low-rise;  
 9 – Sparsely built;  
 10 – Heavy industry;  
 A – Dense trees;  
 B – Scattered trees;  
 C – Bush or scrub;  
 D – Low plants;  
 E – Bare rock or paved;  
 F – Bare soil or sand;  
 G – Water.  
 La mappa è un prodotto distribuito con CC BY-SA 4.0 license da *LCZ Generator* (Demuzere et al. 2021); <https://lcz-generator.rub.de/submissions>



chiaramente un'evidente ricaduta in termini di scala di restituzione del prodotto cartografico all'interno del quale confluisce l'informazione di LCZ. Mappe di LCZ a risoluzioni spaziali più alte sono più indicate per ottenere prodotti cartografici a scala di raggruppamenti di edifici, mentre risoluzioni spaziali più grossolane sono sufficienti per modelli microclimatici urbani a scala di quartieri e settori della città.

### Piattaforme applicative e cruscotti informatici

Il paradigma che l'ASI sta promuovendo è quello dello sviluppo tecnologico in chiave *user-driven*. È l'utilizzatore finale che definisce come accedere all'informazione generata dai dati satellitari e come essa debba essere strutturata all'interno di flussi di lavoro e/o di sistemi informativi di uso nell'ambito dello svolgimento delle funzioni istituzionali e professionali dell'utente stesso. Al contempo, l'utilizzatore finale deve poter accedere a strumenti pratici, di facile impiego, validati e di provata accuratezza (e associata incertezza), mediante i quali generare prodotti satellitari di carattere applicativo.

Tra gli strumenti oggi disponibili occorre citare le piattaforme applicative e i cruscotti informatici.

Una piattaforma applicativa (*exploitation platform* nel gergo delle agenzie spaziali) è tipicamente un ambiente di lavoro virtuale collaborativo che fornisce all'utente l'accesso non solo ai dati satellitari ma anche agli strumenti, processori e risorse di calcolo necessari per elaborare questi dati, attraverso un'interfaccia coerente. Piattaforme di questo tipo, tematiche, ossia dedicate a uno specifico macrotema applicativo, sono state svi-

luppate sia dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA 2018) sia, in ambito nazionale, dall'ASI. In particolare, la Figura 2 mostra l'interfaccia della piattaforma costeLAB dell'ASI.

costeLAB è un prototipo di piattaforma collaborativa nazionale dedicata al monitoraggio, gestione e studio delle aree costiere (queste ultime intese comprendendo sia mare sia terra). Sviluppata per funzionare in un contesto pre-operativo, costeLAB mette a disposizione algoritmi validati e risorse avanzate di gestione per analizzare dati multi-missione e multi-sensore, acquisiti in particolare dai satelliti Sentinel di Copernicus, dalla costellazione COSMO-SkyMed dell'ASI e da missioni di parte terza, per generare prodotti applicativi in base a parametri di *input* selezionati dall'utente, senza la necessità di trasferimenti di grandi volumi di dati. Allineata al concetto delle *Thematic Exploitation Platform* (TEP) di ESA, costeLAB mira a supportare le applicazioni di *downstream* da parte di una più ampia comunità di utenti comprendente la Protezione Civile, le agenzie di protezione ambientale regionali, gli

enti regolatori, gli scienziati che si occupano dei processi costieri e il pubblico generico (Candela et al. 2021).

Il portfolio completo delle catene di elaborazione dati (processori) di costeLAB consente di generare 30 prodotti differenti fra i quali, a titolo esemplificativo, le mappe di allagamento, uso del suolo costiero, consumo di suolo costiero, linea di costa, opere di difesa costiera ed evoluzione morfologica degli ecosistemi costieri terrestri. Alcuni prodotti sono generati completamente mediante procedure automatiche, mentre altri includono anche una fase di affinamento mediata dall'operatore. È il caso per es. del prodotto linea di costa che può essere generato in modo automatico a diverse risoluzioni (nell'intervallo 0.5 – 12.5 m) a seconda del dato satellitare di partenza, ed essere successivamente perfezionato mediante fotointerpretazione, anche svolta dall'utente stesso avvalendosi di un apposito *plugin* di QGIS messo a disposizione in piattaforma.

Operando direttamente all'interno dello spazio di visualizzazione della piattaforma,

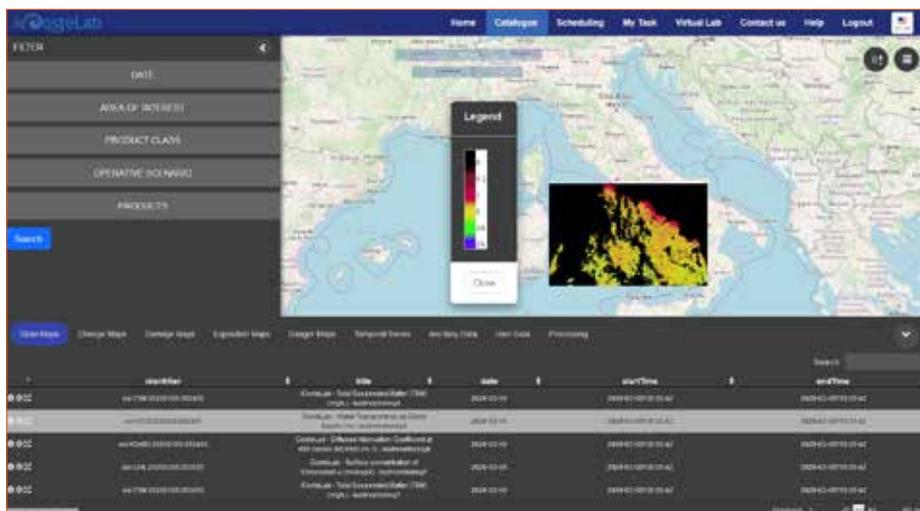


Fig. 2 - Interfaccia grafica della piattaforma costeLAB di ASI per le applicazioni marino-costiere basate su dati di osservazione della Terra.

l'utente può inoltre confrontare un prodotto appena generato con il processore costeLAB e analoghi prodotti generati precedentemente da lui stesso o da altri utenti e salvati nel catalogo della piattaforma, oppure con prodotti esterni importati all'interno di costeLAB. La piattaforma fornisce infatti la possibilità di caricare prodotti di proprietà dell'utente stesso, prodotti di parte terza o servizi OGC. Pertanto, costeLAB non solo è una piattaforma che consente di generare prodotti che, scaricati, possono essere *input* per prodotti cartografici di ulteriore approfondimento ed elaborazione, ma è anche ambiente stesso di analisi a fini cartografici.

Se una piattaforma applicativa è tipicamente uno spazio di lavoro verso cui "portare l'utente" affinché acceda ai dati satellitari e ai necessari strumenti di calcolo per elaborarli, e pertanto è uno strumento di supporto, i cruscotti informatici sono invece lo strumento informatico che l'utente costruisce *in house* e impiega per la gestione corrente di uno o più flussi operativi o di specifiche mansioni. In quest'ottica, in-

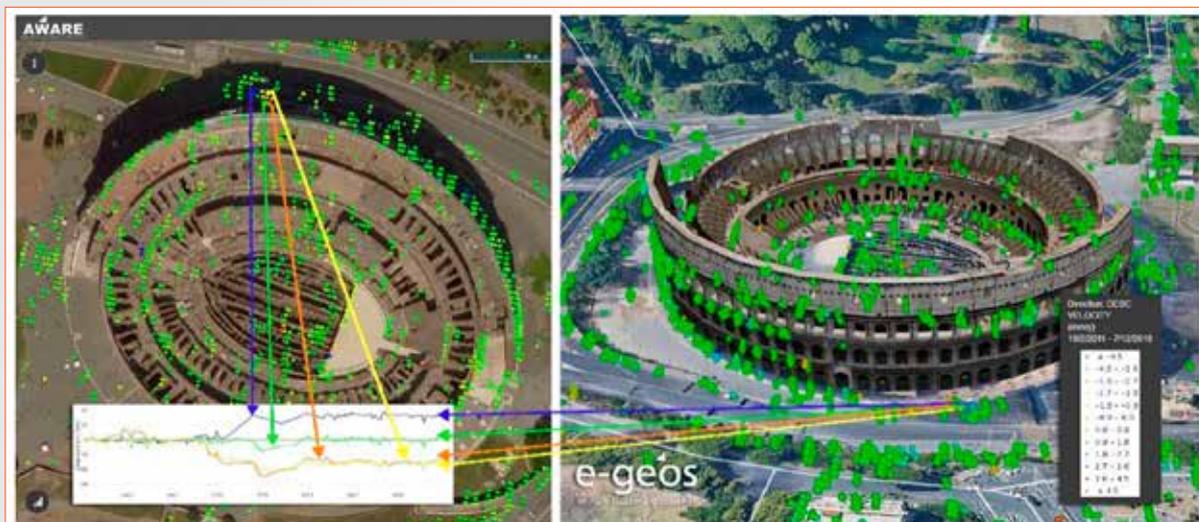
dipendentemente che sia stato generato da un'analisi appositamente condotta, durante una consulenza o all'interno di una piattaforma applicativa o sia recuperato da portali o *repository* esterni, il dato satellitare e/o il suo prodotto derivato devono a tutti gli effetti diventare parte degli strati informativi del cruscotto informatico mediante i quali l'utilizzatore finale fonda e conduce il proprio processo decisionale.

Un esempio recente di collaborazione istituzionale ai fini della progettazione di un cruscotto informatico di gestione e di inserimento, al suo interno, di dati satellitari è quella svolta dal 2019 al 2023 con il Parco Archeologico del Colosseo per la messa a punto della piattaforma web denominata "*System for the Protection and Education of Archaeological Heritage (SyPEAH)*". SyPEAH è un sistema multi-parametrico di controllo permanente dell'intera area archeologica del Parco Archeologico del Colosseo, con i relativi indicatori del livello di rischio derivati dall'integrazione di informazioni multi-sorgente e da diversa strumentazione e metodologie (Della Giovam-

paola 2021). Il nuovo paradigma con cui è stato realizzato SyPEAH è quello di un programma di monitoraggio che combina l'osservazione satellitare con i più utilizzati dati di calibrazione e misurazione in situ. L'integrazione di informazioni di spostamento degli edifici e monumenti ricavate dall'analisi satellitare e dalla diagnostica strumentale di tipo tradizionale è funzionale a un'attività ispettiva costante e regolare che non si limita al solo accertamento del danno occorso (quindi quando ormai è già avvenuto), ma consente di fare valutazioni preventive, di stadio precoce, prima dell'accadimento del danno stesso.

La figura 3 mostra l'impiego di dati di deformazione ottenuti dall'elaborazione interferometrica di immagini radar ad apertura sintetica (SAR) acquisite dai satelliti COSMO-SkyMed nell'intervallo temporale 2011-2018, per il monitoraggio strutturale del Colosseo. I dati interferometrici consistono in una griglia diffusa di punti di misura, distribuiti sulle facciate e le superfici murarie del monumento monitorato da satellite. Ciascun punto è

Fig. 3 - Esempio di valutazione delle deformazioni strutturali dell'Anfiteatro Flavio all'interno del Parco Archeologico del Colosseo, all'interno della piattaforma Sypeah, mediante analisi di dati di spostamento generati da elaborazione interferometrica di immagini satellitari COSMO-SkyMed dell'ASI (da Della Giovampaola 2021).



associato a un grafico che mostra se e come quel dato punto si è spostato nel tempo. I dati interferometrici sono uno degli strati informativi disponibili in SyPEAH e possono essere interrogati dall'operatore del Parco Archeologico (ad es. un funzionario ispettore) per accertare lo stato di stabilità strutturale del manufatto archeologico. L'identificazione di eventuali anomalie può essere contro-verificata, all'interno di SyPEAH, mediante l'analisi congiunta con dati da strumentazioni a terra installate sulla porzione di monumento sotto esame. Ne consegue che l'operatore può aggiornare la scheda di rapporto dello stato di conservazione o, nei casi più critici, inviare una segnalazione per lo svolgimento di ulteriori approfondimenti. SyPEAH funge quindi da vero e proprio cruscotto gestionale all'interno del quale i dati CO-SMO-SkyMed sono integrati nel flusso di lavoro dell'utente istituzionale, invece di rimanere un insieme di dati interpretato da un operatore o consulente esterno al processo decisionale.

### ... e infine i Digital Twin

Una delle ultime frontiere nella rappresentazione del mondo fisico, naturale e/o antropico, è indubbiamente rappresentata dai *Digital Twin*. Delle innumerevoli definizioni di *Digital Twin*, è interessante notare le parole chiave riportate in quella formulata da Glaessgen & Stargel (2012): “*Un gemello digitale è una simulazione probabilistica multi-fisica, multi-scala e integrata di un prodotto complesso e utilizza i migliori modelli fisici disponibili, aggiornamenti di sensori, ecc., per rispecchiare la vita del suo gemello corrispondente ... il Digital Twin aumenterà l'affidabilità ... grazie alla sua capacità di monitorare*”. Qua-

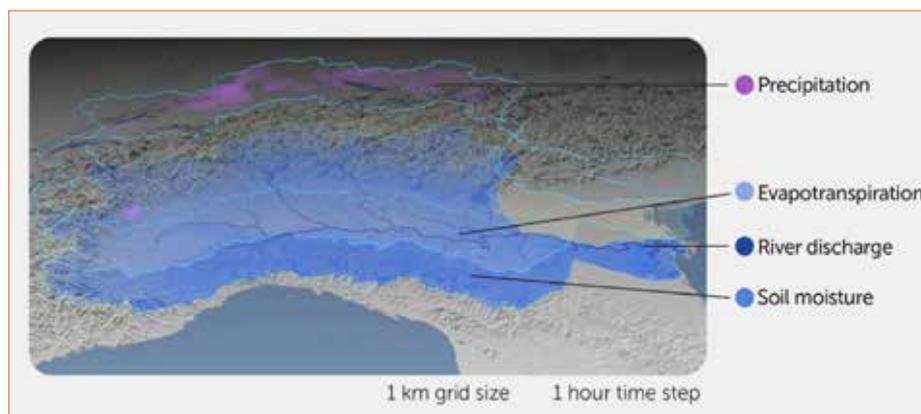


Fig. 4 - Visualizzazione del cubo di dati del Digital Twin Earth (DTE) Hydrology sul bacino del Fiume Po (da Brocca et al. 2024).

lunque siano la configurazione e funzionalità del *Digital Twin*, questa definizione evidenzia che il *Digital Twin* non è solo una raccolta/*repository* di dati, modelli, etc., ma è anche uno strumento di rappresentazione (dinamica) e di studio dell'ambiente naturale e urbano.

La dinamicità e il carattere multi-temporale sono peculiarità che si coniugano molto bene con le proprietà dei dati satellitari, specie se questi ultimi sono acquisiti da missioni che acquisiscono in modo regolare e in serie temporale e se, di conseguenza, anche i prodotti da essi derivati (o gli *output* di modelli che sono alimentati dalle informazioni satellitari) sono generati in continuo e aggiornati in modo dinamico.

Un esempio dimostrativo in questo senso è il *Digital Twin Earth (DTE) Hydrology* dell'ESA, consistente nella ricostruzione tridimensionale (4D; tre dimensioni nello spazio e una nel tempo) del ciclo dell'acqua terrestre ad alta risoluzione attraverso l'integrazione delle più recenti osservazioni satellitari e della modellazione idrologica avanzata. Le dimensioni del cubo di dati del DTE *Hydrology* includono l'umidità del suolo, le precipitazioni, l'evaporazione e la portata dei fiumi. L'inte-

grazione avviene nel sistema avanzato di modellazione idrologica CONTINUUM per prevedere l'umidità del suolo, l'evaporazione e la portata dei fiumi ad alta risoluzione (ossia 1 km, 1 ora). I risultati della modellazione sono combinati con le osservazioni satellitari nei moduli applicativi per la previsione delle frane, la simulazione delle inondazioni e l'irrigazione (Brocca et al. 2024). Pertanto il DTE *Hydrology* può essere esplorato per sviluppare casi d'uso *user-oriented* rispetto a scenari *what-if* a supporto della gestione del rischio idrogeologico e dei regimi irrigui in agricoltura di precisione. La figura 4 mostra il cubo di dati del DTE *Hydrology* sull'area del bacino del fiume Po.

Come dimostrato dal processo di sviluppo delle piattaforme applicative e dei cruscotti informativi, affinché uno strumento informatico possa essere di utilità per l'utente evidentemente dovrà capitalizzare quanto già conseguito, disponibile e interoperabile. Con queste funzionalità, il *Digital Twin* può essere uno strumento evoluto che mette a frutto risorse, fonti di dati e modelli da applicativi, piattaforme, *repository*, etc. già esistenti, oltre che svilupparne e metterne a disposizione di

nuovi. Nella ricchezza delle informazioni raccolte e nell'accuratezza della rappresentazione del mondo in un *Digital Twin*, particolare attenzione deve essere prestata alla struttura, ai componenti e alle funzionalità che il *Digital Twin* deve offrire rispetto alle necessità del fruitore. Infine, una considerazione che non può essere tralasciata è il carattere di sostenibilità dei *Digital Twin*. Questa caratteristica può essere declinata sotto molti aspetti, fra i quali il grado di aggiornamento dei dati e modelli di *input*, il flusso costante nel processo di trasferimento tecnologico verso l'utilizzatore finale che dovrà poter comprendere e utilizzare il *Digital Twin*, nonché la previsione di risorse finanziarie adeguate per sostenere i costi di operazione e manutenzione del *Digital Twin*. I dati satellitari certamente possono contribuire a indirizzare il primo dei tre aspetti sopra menzionati, specie se i *Digital Twin* si basano su *dataset* di *input* derivati da missioni satellitari di lungo termine, delle quali viene garantita la continuità temporale. Diversamente, gli altri due aspetti richiedono uno sforzo di pianificazione lungimirante che non è molto dissimile da quello che è già stato affrontato nell'approntare lo sviluppo di piattaforme e cruscotti informatici, o nel trasformare in servizi operativi i più promettenti dimostratori di nuove applicazioni satellitari.

#### BIBLIOGRAFIA

- ASI (2022), Piano Triennale delle Attività (PTA) 2022-2024, <https://rb.gy/1pmdgz>
- Brocca, L. et al. (2024) A Digital Twin of the terrestrial water cycle: a glimpse into the future through high-resolution Earth observations. *Frontiers in Science* 1, <https://doi.org/10.3389/fsi.2023.1190191>
- Candela, L. et al. (2021) The Italian Thematic Platform costeLAB: from Earth Observation Big Data to products in support to coastal applications and downstream. *Proceedings of the 2021 conference on Big Data from Space*, Soille, P., Loekken, S. and Albani, S., eds., EUR 30697 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-37661-3, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/125905>, JRC125131
- Della Giovampaola, I. (2021) SyPEAH: The WebAPP System for Protection and Education to Archaeological Heritage in the Parco Archeologico del Colosseo. *Geosciences* 11, 246. <https://rb.gy/1pmdgz>
- Demuzere, M., Kittner, J. & Bechtel, B. (2021) LCZ Generator: a web application to create Local Climate Zone maps. *Frontiers in Environmental Science* 9, 637455, <https://rb.gy/m5lz7f>
- ESA (2018), Thematic Exploitation Platform (TEPs), <https://sdg.esa.int/activity/thematic-exploitation-platform-teps-4319> (Retrieved: 20.03.2024).
- Glaessgen, E. & Stargel, D. (2012) The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles. *53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference 14th AIAA*.
- Oxoli, D., Cedeno Jimenez, J. R., Capizzi, E., Brovelli, M. A., Siciliani de Cumis, M., Sacco, P., & Tapete, D. (2023) QGIS and Open Data Cube applications for Local Climate Zones analysis leveraging PRISMA hyperspectral satellite data. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-1/W2-2023, 111–116, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W2-2023-111-2023>
- Stewart, I. D. & Oke, T. R. (2012) Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93, 12, 1879–1900, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- Vavassori, A., Brovelli, M. A., Capizzi, E., Venuti, G., Betti, B., Siciliani de Cumis, M., Sacco, P., & Tapete, D. (2023) Mapping Local Climate Zones with multiple geodata and the Open Data Cube: insights of domain user requirements and outlooks of the LCZ-ODC project. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-1/W2-2023, 581–587, <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLVIII-1-W2-2023/581/2023/>, 2023

#### KEYWORDS

SATELLITI; APPLICAZIONI, CITTÀ SOSTENIBILI, PIATTAFORME APPLICATIVE, DIGITAL TWIN

#### ABSTRACT

Earth Observation (EO) is nowadays a primary source of geospatial data to address urban applications. As information layers imported into GIS, EO products are increasingly exploited for cartographic purposes to improve cities representation. The Italian Space Agency (ASI) invests in novel satellite-based applications and digital tools facilitating EO data utilization. Such tools include: thematic exploitation platforms enabling EO data processing by non-expert users through validated processors; dashboards wherein satellite products are among the input data used during the decision-making process; Digital Twins allowing for what-if scenarios and forecast activities. Recent user-driven developments are presented with regard to urban heat island, coastal applications, conservation of cultural heritage, monitoring and modelling of processes related to terrestrial water cycle.

#### AUTORE

DEODATO TAPETE  
AGENZIA SPAZIALE ITALIANA (ASI), [DEODATO.TAPETE@ASI.IT](mailto:DEODATO.TAPETE@ASI.IT)

# Sottocontrollo



## Georadar, droni e tecnologie per infrastrutture e aree circostanti

Tecnologie **anche a noleggio** per:

### manutenzione strade

- > analisi spessore delle pavimentazioni
- > mappatura 3D di sottoservizi e cavità
- > rilievi pre-scavo, OBI (UXO) e vuoti

### ponti e viadotti

- > deformazioni o cedimenti
- > ispezione strutture, calcestruzzi e parti sommerse
- > ricerca di vuoti, ammaloramenti o distacchi

### monitoraggio ambientale

- > frane, argini, cedimenti o smottamenti
- > rilievo di fondali, fiumi e bacini
- > ricerca di cavità, discariche, tubi e serbatoi di stoccaggio abbandonati
- > studio di grandi aree inaccessibili

Tecnologie



Seleziona  
il link!

Codevintec rappresenta anche:

**KONTUR**  
(3D=Radar)

**GEOMETRICS**  
Simplify your search



**CODEVINTEC**

Tecnologie per le Scienze della Terra e del Mare

tel. +39 02 4830.2175 | info@codevintec.it | www.codevintec.it

GEOMedia n°1-2024

13