

# Metodi e procedure per l'elaborazione dei dati di telerilevamento: aggiornamento speditivo dell'Uso del Suolo scala 1:10000 – anno 2021

Anastasia Boguslavskaya\*, Andrea Bozzano\*, Francesca Castagnola\*, Andrea De Felici\*\*, Simone Hu\*, Giovanni Rocca\*\*, Federico Turbino\*

\* Team IoT Liguria Digitale

\*\* Team Telerilevamento Liguria Digitale

g.rocca@liguriadigitale.it

a.defelici@liguriadigitale.it

## Abstract

Il SITAR (Ufficio Servizi Informativi Territoriali e Ambientali di Regione Liguria), integrando dati satellitari ad alta risoluzione temporale con quelli ad alta risoluzione spaziale, ha implementato una metodologia per l'aggiornamento speditivo della carta dell'Uso del Suolo in scala 1:10000. Le zone che hanno subito variazioni di biomassa vegetale sono state individuate mediante la differenza di indici di vegetazione, calcolati a partire da dati Sentinel-2 di due anni successivi. Le aree risultanti sono state quindi analizzate tramite immagini ad alta risoluzione spaziale per individuare le cause dei fenomeni. Per la datazione puntuale degli eventi sono state realizzate serie temporali scansionando immagini mensili Sentinel-2.

Successivamente a questo studio, per rendere più agevoli le future analisi, le operazioni di scarico e di elaborazione delle immagini satellitari sono state automatizzate da Liguria Digitale, tramite un'applicazione sviluppata nell'ambito del progetto IoT Field Control della Strategia Digitale di Regione Liguria.

**Parole chiave:** alta risoluzione spaziale, alta risoluzione temporale, Sentinel-2.

## 1 Introduzione

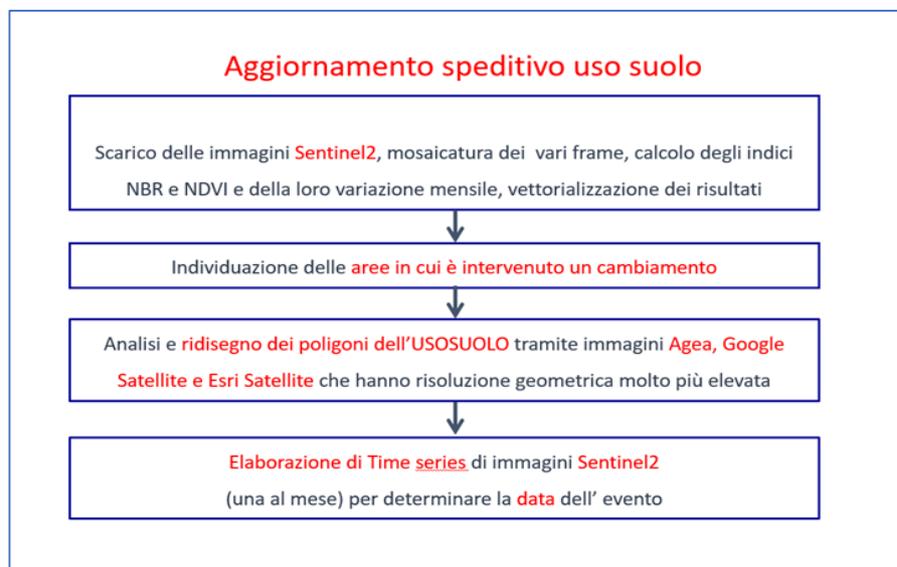
La Regione Liguria dal 2009 aggiorna la sua cartografia dell'uso del suolo ogni 3 anni. Negli aggiornamenti precedenti al 2020 venivano presi in considerazione tutti i poligoni del livello informativo e la procedura risultava molto accurata, ma piuttosto lunga. Dal 2020 si è deciso di considerare solamente i poligoni delle aree effettivamente variate e di trascurare tutto il resto della superficie regionale, in modo da accelerare i tempi di aggiornamento della cartografia. L'individuazione di tali aree si basa sulla misurazione delle variazioni di biomassa vegetale tramite elaborazione e confronto di immagini satellitari. Caso particolare, ma notevole di variazione di biomassa vegetale è rappresentato dalle aree incendiate, che possono costituire un tematismo autonomo, allineato con la carta dell'uso del suolo. Un perfezionamento notevole del flusso di

lavoro è stato rappresentato dalla successiva implementazione di una procedura automatica di scarico ed elaborazione delle immagini Sentinel-2 sviluppata nell'ambito del progetto *IOT Field Control*, portato avanti da Regione Liguria in questi ultimi anni.

## 2 Flusso di lavoro

Le aree che hanno subito variazioni di biomassa vegetale in uno specifico intervallo temporale, sono state individuate tramite il confronto degli indici di vegetazione NDVI e di area incendiata NBR, applicati ad immagini satellitari Sentinel-2 di due anni successivi. Le immagini utilizzate per la comparazione appartengono al medesimo periodo dell'anno, condizione molto importante per consentire un confronto di immagini in condizioni di illuminazione paragonabili e con la vegetazione che si trova nel medesimo stadio fenologico. I dati raster ottenuti dalla differenza degli indici sono stati classificati in base al valore del DN, per raggruppare le aree con simili variazioni di indice e quindi filtrati, in modo da ridurre il rumore di fondo inevitabilmente presente. Per comodità di integrazione con l'ambiente GIS, il risultato delle classificazioni è stato vettorializzato ed ulteriormente filtrato, in modo da prendere in considerazione solamente i poligoni con superficie maggiore o uguale a 0,5 ha, corrispondente all'unità minima cartografabile nominale per la carta dell'Uso del Suolo in Regione Liguria alla scala 1:10.000.

Le aree così individuate sono state successivamente investigate in dettaglio, consultando le corrispondenti immagini ad alta risoluzione spaziale (satellitari ed ortofoto) fornite da AGEA, Google ed ESRI, che hanno permesso di riconoscere la tipologia del fenomeno che ha determinato la variazione degli indici (taglio boschivo, incendio, ecc.).



**Fig. 1.** Diagramma di flusso della procedura utilizzata.

Per la datazione degli eventi registrati, sono state realizzate un insieme di serie temporali, scansionando i valori degli indici NDVI o NBR su “stack” di immagini mensili Sentinel-2. La data approssimativa del fenomeno viene quindi desunta da quella dell’immagine in cui si riscontra una sensibile variazione dell’indice rispetto al mese precedente. I dati ottenuti sono stati infine confrontati con l’uso del suolo vigente al momento, apportando le modifiche necessarie ai poligoni interessati.

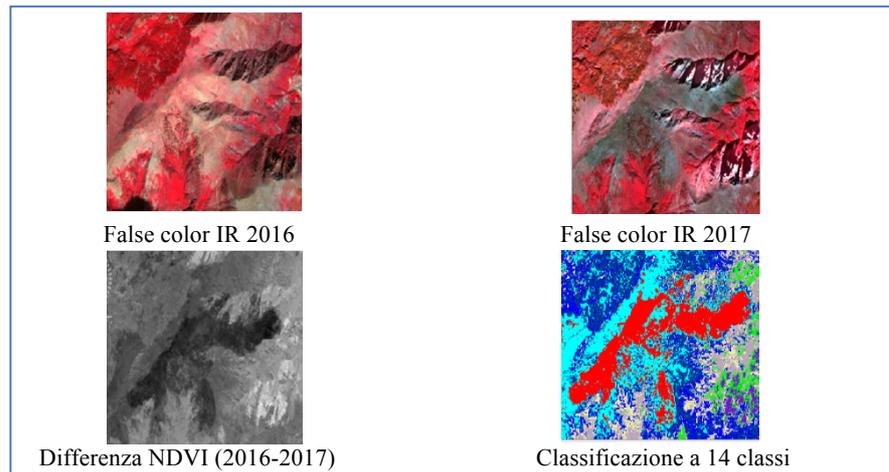
Successivamente a tale sperimentazione, è stata implementata una serie di script per automatizzare le operazioni di scarico e trattamento delle immagini Sentinel-2 (mosaicatura, calcolo degli indici, determinazione delle loro differenze e relativa vettorializzazione), sfruttando le risorse disponibili nell’ambito di un progetto della Strategia Digitale 2018-2020 di Regione Liguria, denominato “IoT Field Control”. Questo progetto ha l’obiettivo di realizzare un’infrastruttura IoT (*Internet of Things*) e Big Data per il monitoraggio del territorio, in cui le immagini satellitari rappresentano una fonte di informazioni fondamentale per effettuare analisi territoriali di tipo evoluto, correlando fra loro diversi tipi di input (sensori IoT, dati telerilevati, ecc.).

## 2.1 Procedura di elaborazione dati

Il software impiegato principalmente in questo processo, è noto con l’acronimo di SNAP (*Sentinel Application Platform*), sviluppato da ESA e completamente gratuito, è stato scelto anche perché ottimizzato per la gestione dei dati Sentinel.

Dopo aver selezionato la coppia di immagini, di due anni successivi, ritenuta più significativa per l’individuazione delle variazioni di biomassa, sono state effettuate le seguenti operazioni (Fig.2):

- ∞ ricampionamento di tutte le bande a 10 m.
- ∞ ritaglio delle porzioni di interesse, escludendo l’areale esterno alla Liguria.



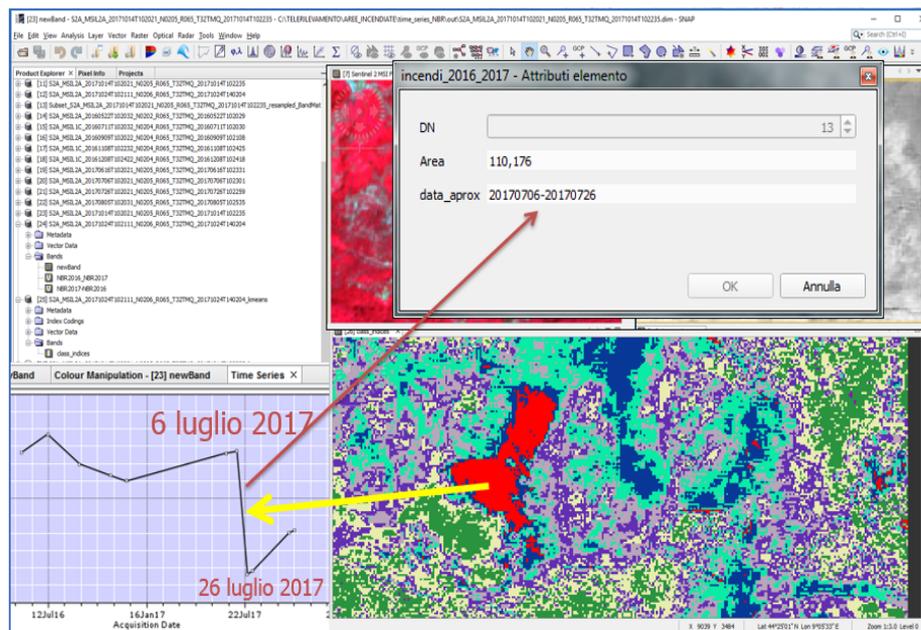
**Fig. 2.** Processo di individuazione di un’area percorsa dal fuoco su dati Sentinel2.

- ∞ calcolo degli indici NDVI e NBR per ogni anno
- ∞ determinazione della differenza degli indici suddetti di due anni successivi
- ∞ classificazione a 14 classi del risultato per isolare le aree più significative

I passi del procedimento sopra elencati sono stati realizzati tramite le funzionalità “*graph editor*” e “*batch processing*” fornite da SNAP, mentre il risultato della classificazione è stato vettorializzato e semplificato in ambiente QGIS, eliminando i poligoni di dimensione inferiore a mezzo ettaro.

## 2.2 Datazione degli eventi che hanno causato le variazioni di biomassa

Per la determinazione approssimativa della data degli eventi che hanno comportato la variazione di tali indici, sono state prese in esame tutte le immagini NDVI e NBR elaborate mensilmente disponibili per il periodo considerato ed usate come input della funzione “*Time Series*” di SNAP. Questo procedimento per ogni pixel dello *stack* di immagini considerate, evidenzia graficamente l’andamento del relativo DN in funzione del tempo (Fig. 3).

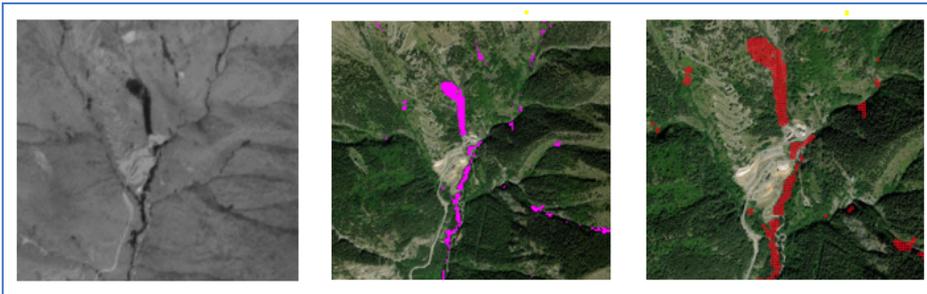


**Fig. 3.** Utilizzo della funzione *Time Series* per la determinazione approssimativa della data dell’evento che ha determinato la diminuzione di biomassa vegetale.

Una variazione consistente e subitanea dell’indice considerato permette di ricostruire approssimativamente la data dell’evento, che sarà compreso tra quella dell’immagine precedente e quella della successiva alla variazione del parametro analizzato.

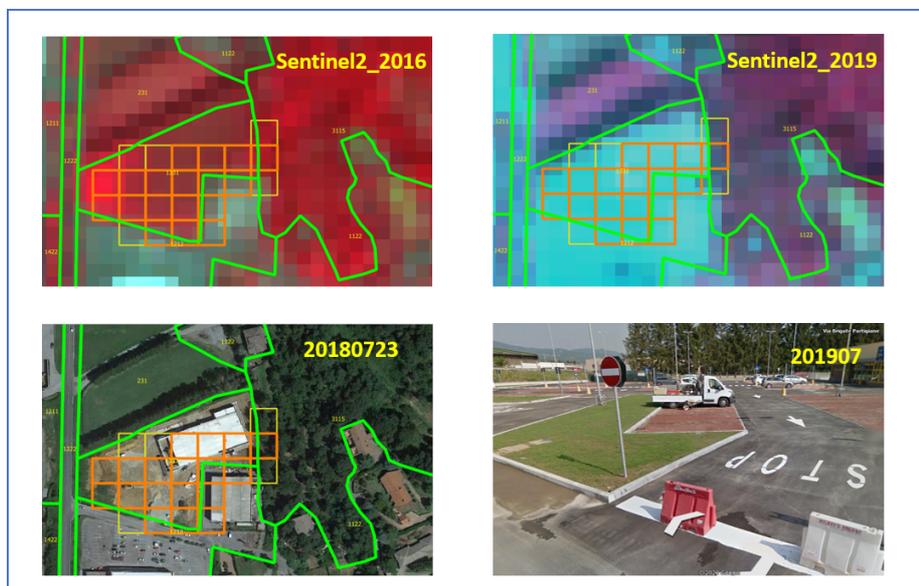
### 2.3 Confronto con le immagini ad alta risoluzione spaziale

Le diminuzioni significative di biomassa vegetale nel periodo considerato, possono essere dovute a varie ragioni come incendi, tagli boschivi, urbanizzazione, ecc. Per la determinazione precisa delle relative cause, ci si è affidati quindi al confronto visivo con le immagini ottiche ad alta risoluzione disponibili.



**Fig. 4.**  $\Delta$ NDVI (novembre - settembre 2020) che evidenzia un dissesto dovuto ad evento alluvionale e sua relativa vettorializzazione.

In particolare, sono state utilizzate le ortofoto AGEA-2016 e le immagini satellitari fornite dai servizi gratuiti di Google ed ESRI (Google Earth ed ESRI satellite), che in molti casi hanno svelato le cause dell'evento ed hanno permesso di aggiornare in maniera puntuale ed affidabile i poligoni della carta dell'uso del suolo (Fig. 4).



**Fig. 5.** Combinazione di dati ad alta risoluzione temporale con quelli ad alta risoluzione spaziale e la verità a terra per individuare i fenomeni di urbanizzazione.

## 2.4 Gestione della variabile temporale nel database storicizzato

Per potere conservare memoria dell'evoluzione nel tempo del livello informativo in questione, sono stati introdotti nel database dell'Uso del Suolo due campi numerici DATA\_INI e DATA\_FINE, che indicano la “data di nascita” e di “fine validità” di ogni poligono. Il formato scelto per i campi (*aaaammgg*) è sempre crescente al trascorrere del tempo, per cui è possibile eseguire delle *query* temporali investigando sullo stato del livello informativo nel lasso di tempo di interesse.

Questo metodo di memorizzazione dei dati permette inoltre di effettuare aggiornamenti dei soli poligoni che sono realmente cambiati nel tempo. I poligoni obsoleti vengono sostituiti da nuovi elementi che, assieme a quelli che sono rimasti invariati, descrivono la situazione puntuale ad un determinato istante, mentre in passato veniva aggiornato tutto il livello informativo con i poligoni nuovi, ma anche con quelli invariati.

In questo modo il sistema risulta molto più agile, veloce e semplice da gestire: non esiste più una versione relativa ad una certa data, ma esisterà la *versione vigente* con tutti i poligoni attivi al momento presente.

Alla prova dei fatti, questo procedimento di storicizzazione si è dimostrato estremamente utile per la determinazione pratica delle variazioni temporali di alcune classi di Uso del Suolo, soprattutto ai fini di analisi statistica.

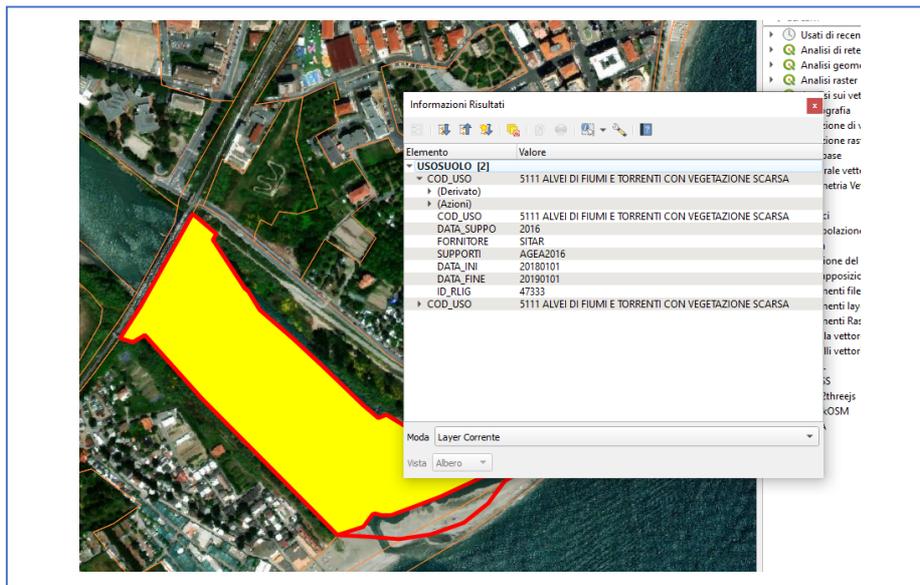


Fig. 6. Gestione in ambiente GIS dei poligoni storicizzati dell'Uso del Suolo

### 3 Considerazioni, criticità e sviluppi futuri

La procedura sperimentata, utilizzando unicamente dati e programmi gratuiti, ha consentito di indirizzare gli sforzi di modifica della carta dell'uso del suolo alle sole aree effettivamente interessate da cambiamenti significativi e quindi di velocizzare notevolmente l'aggiornamento di questo tematismo cartografico. L'approccio alla storicizzazione del dato tramite implementazione degli appositi campi di inizio e fine validità, ha permesso inoltre di gestire al meglio la modifica e la rappresentazione dei dati stessi.

Le criticità del metodo descritto risiedono principalmente nella necessità di disporre di immagini dello stesso periodo dell'anno da mettere a confronto, con la minore copertura nuvolosa possibile. Si è visto, infatti come sia di fondamentale importanza confrontare immagini nelle stesse condizioni di illuminazione e corrispondenti allo stesso ciclo fenologico della vegetazione.

Per quanto riguarda gli sviluppi in corso della metodologia, recentemente è stato apportato un notevole miglioramento all'intera procedura, automatizzando molti dei processi prima descritti, grazie al contributo fornito dal già citato progetto Regionale IoT Field Control.

Gli script realizzati in questo contesto permettono anzitutto la selezione, lo scarico e l'archiviazione automatica dei dati Sentinel-2 attinti dai siti istituzionali ESA (<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>), oppure in alternativa ONDA (<https://www.onda-dias.eu>), in caso di problemi col primo provider.

Vengono scaricati automaticamente i seguenti *frames*, a copertura dell'intero territorio regionale:

T32TLP, T32TLQ, T32TMP, T32TMQ, T32TNP, T32TNQ.

Per ottenere dei risultati attendibili vengono prese in considerazione soltanto le immagini con copertura nuvolosa inferiore al 50%.

Per la selezione e lo scarico dei frame è stato utilizzato lo script batch fornito da SciHub, e personalizzato con uno script in Python3 sviluppato dal team di progetto (<https://en.wikipedia.org/wiki/Sci-Hub>).

Successivamente, le immagini scaricate vengono elaborate per estrarre le informazioni richieste e l'intera procedura di elaborazione automatica dà luogo, per ogni mese, ai seguenti prodotti:

- ∞ Immagini “grezze”
- ∞ Immagine NDVI a copertura regionale
- ∞ Immagine  $\Delta$ NDVI a copertura regionale (differenza tra il mese in corso e quello precedente)
- ∞ Immagine NBR a copertura regionale.
- ∞ Immagine binaria che evidenzia la variazione mensile significativa di NDVI, determinata in base all'impostazione di una specifica soglia di DN.
- ∞ Immagine di cui al punto precedente vettorializzata in formato Shapefile.

Sempre con lo scopo di avere immagini con meno nuvole possibili e quindi proficuamente utilizzabili nei confronti multitemporali, è stata realizzata per la creazione degli NDVI mensili, una procedura di selezione dei pixel “migliori” di tutto il mese, ottenendo delle immagini NDVI denominate “composite”.

Per costruire tali immagini “composite”, ci si è basati sul valore dell’indice NDVI, che risulta particolarmente basso in corrispondenza delle nuvole. Prendendo in considerazione all’interno di ogni singolo mese tutte le immagini NDVI realizzate, è stato costruito in automatico un unico dato mensile riassuntivo, caratterizzato dal massimo valore di DN per ogni pixel. Le immagini NDVI così ottenute sono state usate per il calcolo del parametro  $\Delta$ NDVI fra mese e mese.

I risultati delle differenze fra gli indici di vegetazione corrispondenti a due mesi diversi, possono dare luogo a zone dell’immagine in cui si evidenzia una marcata variazione degli indici ed altre in cui questa è meno evidente. Per isolare le aree di maggiore interesse per il nostro scopo è stata impostata sperimentalmente una soglia di DN, pari a -0.5, in base ad alcune prove effettuate su un’area di studio. Tale soglia può comunque essere cambiata a piacimento, intervenendo ad hoc sui parametri degli script.

Il risultato è un’immagine a 2 bit contenente i soli cambiamenti ritenuti significativi, che viene filtrata e vettorializzata automaticamente in formato *Shapefile* per un più agevole utilizzo all’interno dei sistemi GIS.

A cadenza trimestrale, infine, la procedura automatica realizza i seguenti prodotti:

- ∞ Immagine RGB 432 (colori naturali) con la copertura nuvolosa più bassa.
- ∞ Immagine RGB 843(infrarosso) con la copertura nuvolosa più bassa.



**Fig. 7.** Immagine Sentinel composita RGB 843 relativa al quarto trimestre 2021: si noti la quasi totale assenza di nuvole come effetto dell’algoritmo, che ha scelto la data “migliore”.

Gli script per il calcolo degli indici d’interesse sono stati sviluppati in Python3 e si basano principalmente sull’utilizzo della libreria “*rasterio*”, largamente impiegata

nell'elaborazione di immagini in *Python*, per operazioni puntuali e locali su dati di diverso formato e dimensioni.

Lo sfruttamento della procedura per il reperimento e l'elaborazione delle immagini in modo totalmente automatico, permetterà di velocizzare tutto il processo di aggiornamento cartografico e di rendere rapidamente disponibili molte immagini tra di loro confrontabili.

Si prevede in futuro di migliorare ulteriormente la gestione, il flusso e la presentazione dei dati, sostituendo gradualmente i vari script finora realizzati con un'applicazione Web dotata di vari moduli, di seguito descritti:

- ∞ SIR (*Satellite Images Retrieval*) per l'interfaccia grafica di selezione, scarico delle immagini dai siti "istituzionali" e relativa schedulazione
- ∞ SIP (*Satellite Images Processing*) per la gestione interattiva delle procedure di elaborazione delle immagini
- ∞ SIC (*Satellite Images Catalogue*) per la memorizzazione e la catalogazione delle immagini
- ∞ SIM (*Satellite Images Monitoring*) per il monitoraggio del sistema in generale
- ∞ SIV (*Satellite Images Visualization*) per la visualizzazione dei dati

Ad oggi è stato sviluppato il primo modulo dell'applicazione, SIR (*Satellite Images Retrieval*), mentre gli script sviluppati per l'elaborazione degli indici costituiscono la base per lo sviluppo del successivo modulo di processing (*Satellite Images Processing*).



**Fig. 8.** Moduli software previsti per il futuro sviluppo del sistema.

Oltre a questa infrastruttura software, è previsto lo sviluppo di un'applicazione cartografica specifica integrata nel Geoportale di Regione Liguria (<https://geoportal.regione.liguria.it/>), che consenta ai cittadini la visualizzazione e il download delle immagini e degli elaborati, consentendone una fruizione semplice ed immediata. Il sistema sarà basato sui seguenti standard OGC per gestione di archivi di immagini satellitari: STAC (*Spatio Temporal Asset Catalogs*) COG (*Cloud – Optimized Geotiff*).

Al di là delle metodologie di elaborazione adottate, si sottolinea l'importanza trasversale delle immagini satellitari per il rapido aggiornamento di svariati temi cartografici: la stretta interconnessione tra carta di Uso del Suolo, carta dei Tipi Forestali e DBT5k (Database Topografico sc 1:5000) emersa negli ultimi anni, indica come sia necessario uno sforzo per fare in modo che in un immediato futuro i tre livelli informativi siano completamente allineati. Questi aspetti vanno valutati sia per quanto concerne la fase di realizzazione, che per quella di consultazione della cartografia. In questo modo si prevede di avere in tempi relativamente brevi, un notevole arricchimento contestuale del patrimonio informativo di questi livelli cartografici, sfruttando anche la grande disponibilità delle immagini Copernicus e le relative metodologie di elaborazione fin qui adottate.

## Riferimenti bibliografici

1. De Felici A., Rocca G.B., Cerrato A.: Aggiornamento della carta di uso del suolo della Regione Liguria tramite telerilevamento satellitare ad alta risoluzione integrato. (Atti ASITA-2007).
2. De Felici A., Rocca G.B., Gomarasca M.A., Barichello R., Federici S.: Integrazione di dati telerilevati per il monitoraggio della vegetazione forestale in Regione Liguria. (Atti ASITA-2007).
3. Attias M., D'antonio A, Corticelli S., Garberi M.L., Franco G, Perrone R, Cerrato A., Fiorito M., Rocca G.B., Dal Puppo D., Fasolini D., Bellesi S, Bucci A., Garretti L., Diegoli B., Laricchiuta V., Greggio A., Landi G., Bottai L., Caneschi G.M., Ciarapica A., Togni S., Foccardi M., Giaggio C., Nordio M.: La cartografia dell'uso del suolo: esperienze regionali a confronto. (Atti ASITA-2007).
4. Cerrato A., De Felici A., Gomarasca M.A., Montanari P., Rocca G.B., Sbardella P.: Applicazioni di telerilevamento in Regione Liguria. (Atti ASITA-2007).
5. Attias M., D'antonio A, Corticelli S., Garberi M.L., Franco G, Perrone R, Cerrato A., Fiorito M., Rocca G.B., Dal Puppo D., Fasolini D., Bellesi S, Bucci A., Garretti L., Diegoli B., Laricchiuta V., Greggio A., Landi G., Bottai L., Caneschi G.M., Ciarapica A., Togni S., Foccardi M., Giaggio C., Nordio M.: L'uso del suolo delle regioni: Verso una condivisione di standard. (Atti ASITA-2008)
6. Attias M., D'antonio A, Corticelli S., Garberi M.L., Franco G, Perrone R, Cerrato A., Fiorito M., Rocca G.B., Dal Puppo D., Fasolini D., Bellesi S, Bucci A., Garretti L., Diegoli B., Laricchiuta V., Greggio A., Landi G., Bottai L., Caneschi G.M., Ciarapica A., Togni S.,

- Foccardi M., Giaggio C., Nordio M.: Linee guida per l'interoperabilità delle banche dati sull'uso del suolo (Atti ASITA-2009)
7. Rocca G, De Felici A: Metodi e procedure per l'elaborazione dei dati di telerilevamento: aggiornamento speditivo dell'Uso del Suolo scala 1:10000 (Atti ASITA-2021).
  8. Sean Gillis and others, Mapbox, Rasterio: geospatial raster I/O for Python programmers, (2013)
  9. [https://docs.google.com/presentation/d/1ARwJog0uzz8DcoCVTR37Y3SYqOdJTE\\_gyoQeKtA0HeY/edit#slide=id.g127dd1b9487\\_0\\_0](https://docs.google.com/presentation/d/1ARwJog0uzz8DcoCVTR37Y3SYqOdJTE_gyoQeKtA0HeY/edit#slide=id.g127dd1b9487_0_0)
  10. <https://stacspec.org/>
  11. <https://www.cogeo.org/>

