



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

# Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

## **Progetto Esecutivo**

**ALLEGATO \_VI\_C.U.1.4**

**Generazione di mappe tematiche da dati satellitari e ortofoto**



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU

## Storia del documento

Versione	Data	Autore	Autorizzato da	Descrizione delle modifiche
1.0	24/11/2023	RTI DXC	MASE	Rilascio prima versione

## Sommario

1 CU.VI.4 – Generazione di mappe tematiche da dati satellitari e ortofoto .....	5
1.1 Obiettivo del servizio applicativo.....	5
1.1.1 Introduzione.....	5
1.1.2 Scopo Generale.....	5
1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave .....	6
1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati.....	7
1.1.5 Benefici Attesi.....	18
1.1.6 Vincoli e Limitazioni.....	19
1.1.7 Stakeholders Coinvolti .....	19
1.1.8 Conclusione e Riepilogo .....	19
1.2 Requisiti funzionali.....	19
1.2.1 Elenco dei Requisiti Funzionali .....	19
1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati .....	25
1.2.3 Vincoli e Limitazioni.....	26
1.3 Architettura logico-applicativa del Sistema.....	27
1.3.1 Requisiti Non-Funzionali .....	27
1.3.2 Diagramma Architetture .....	28
1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate.....	30
1.4 Dati di input.....	37
1.4.1 Introduzione ai Dati di Input.....	37
1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati.....	37
1.4.3 Specifiche di contenuto.....	41
1.5 Sistemi federati.....	43
1.5.1 Introduzione ai Sistemi Federati.....	43
1.5.2 Elenco dei Sistemi Federati.....	44
1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli .....	45

1.6.1	Introduzione e Panorama Generale.....	46
1.6.2	Criteri di Selezione.....	47
1.6.3	Tipologie di Funzioni Applicative .....	47
1.6.4	Dettagli sugli Algoritmi .....	49
1.6.5	Dettagli sui Modelli .....	55
1.6.6	Interazione tra Algoritmi e Modelli.....	55
1.6.7	Analisi della Complessità Computazionale .....	55
1.6.8	Casistica di Utilizzo .....	55
1.7	Dati di output.....	56
1.7.1	Introduzione.....	56
1.7.2	Elenco Dati di Output .....	56

## 1 CU.VI.4 – Generazione di mappe tematiche da dati satellitari e ortofoto

### 1.1 Obiettivo del servizio applicativo

#### 1.1.1 Introduzione

L'applicativo è dedicato all'analisi dei dati satellitari e ortofoto e si configura come un ambiente integrato in cui l'utente di riferimento accede mediante profilazione all'interfaccia dedicata al fine di produrre le seguenti mappe tematiche sulle aree selezionate:

- Snow Water Equivalent;
- mappe copertura nivale;
- mappe post evento;
- carta copertura del suolo;
- mappa di umidità del suolo;
- mappe di deformazione superficiale da InSAR.

L'applicazione può essere considerata come un servizio trasversale, i cui risultati possono essere impiegati come input per analisi supplementari da parte di altre applicazioni o settori specifici.

#### 1.1.2 Scopo Generale

L'obiettivo dell'applicazione è quello di creare mappe tematiche utilizzando dati satellitari e ortofoto.

A tal scopo l'applicativo renderà disponibile attraverso un interfaccia web gli strumenti necessari alla generazione delle mappe tematiche.

Di seguito si può trovare una breve trattazione dei dati di input e di output che saranno usati all'interno dell'applicativo.

#### **Dati satellitari**

Sono essenziali per la creazione di mappe tematiche poiché forniscono informazioni dettagliate sulla Terra. Questi dati permettono di monitorare condizioni ambientali, studiare variazioni nel tempo, creare mappe topografiche, facilitare la navigazione, rilevare e gestire risorse naturali, e molto altro. In breve, giocano un ruolo fondamentale nella mappatura e nell'analisi geografica.

#### **Ortofoto**

Un'ortofoto è un'immagine aerea del territorio in cui la distorsione prospettica è stata corretta in modo da rappresentare fedelmente la superficie terrestre. Queste immagini forniscono una vista dettagliata e accurata del paesaggio. Le ortofoto sono utilizzate per identificare elementi specifici del territorio, come edifici, strade, corsi d'acqua e vegetazione.

Queste informazioni possono essere fondamentali per valutare il rischio di dissesto idrogeologico, ad esempio identificando gli insediamenti umani vicino a fiumi suscettibili di esondazione o

individuando aree in cui l'urbanizzazione può aumentare il rischio di frane. Le ortofoto possono essere sovrapposte a mappe tematiche per fornire una visione completa e dettagliata del territorio e aiutare nella pianificazione e nella gestione delle emergenze durante eventi di dissesto idrogeologico.

Questi due elementi, dati satellitari e ortofoto, saranno utilizzati per generare le mappe tematiche tramite specifici algoritmi descritti nell'apposito paragrafo.

## **Mappe Tematiche**

Tali mappe mostrano informazioni specifiche su vari aspetti del territorio, come la pendenza del terreno, la litologia (tipo di roccia o suolo), la vegetazione, le reti idriche e le aree soggette a frane o alluvioni. Consentono agli esperti di identificare le aree a rischio di dissesto idrogeologico in base a fattori come la topografia e la geologia. Ad esempio, possono evidenziare le zone con una forte pendenza o terreni instabili che sono più inclini a frane o alluvioni. Le mappe tematiche forniscono anche informazioni utili per la pianificazione del territorio e la gestione delle risorse idriche, aiutando a prevenire o mitigare i rischi di dissesto idrogeologico.

## **Algoritmi**

Al fine di produrre i risultati attesi è previsto che l'applicativo sia in grado di elaborare i dati di input tramite i seguenti algoritmi:

- Calcolo Snow Water Equivalent (SWE)
- Analisi interferometrica
- Analisi multispettrale delle immagini satellitari
- Classificazione immagini satellitari

Ciascun algoritmo sarà approfondito nel paragrafo dedicato.

L'interfaccia permetterà all'utente di selezionare un'area di interesse e gli input necessari allo specifico algoritmo selezionato, attraverso funzioni di selezione alfanumerica e/o di selezione su mappa.

### **1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave**

L'esigenza di sviluppare questo applicativo nasce dalla necessità di fornire una piattaforma integrata e user-friendly per la generazione delle mappe tematiche. Di seguito vengono dettagliate ed espresse le esigenze e i requisiti menzionati.

## **Disponibilità di una GUI (Graphical User Interface)**

Fornire un'interfaccia grafica intuitiva che faciliti l'interazione degli utenti con i dati e le funzionalità del sistema, rendendo l'accesso e l'analisi dei dati semplice ed efficace.

## **Strumento di Selezione Alfanumerica**

Implementare un sistema di selezione alfanumerica che permetta agli utenti di specificare e selezionare aree di interesse, punti di rilievo, tipo di grandezza utilizzando criteri di selezione basati su dati testuali.

## Catalogo Prodotti di Output

Creazione di file di facile utilizzo per gli utenti finali in base ai dati importati e ai parametri inseriti dall'utente tramite l'interfaccia.

### API

L'applicativo deve prevedere la possibilità di poter colloquiare anche mediante API, per consentire l'attivazione da parte di altri sistemi/applicativi interni o esterni al SIM.

Questi requisiti rispondono alle esigenze degli stakeholder di avere un sistema ben organizzato e facile da usare che consenta di gestire, analizzare e condividere efficacemente dati critici per supportare la pianificazione e la gestione.

Attraverso la realizzazione di questi requisiti, il sistema mira a fornire una soluzione robusta ed efficiente.

#### 1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati

L'applicativo diviene essenziale nel contesto del Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM), poiché è richiesto l'elaborazione di mappe tematiche. Questo strumento si configura come un elemento fondamentale per agevolare l'interazione degli utenti con i dati, consentendo una gestione, analisi e condivisione delle informazioni cruciali in modo efficace e intuitivo.

Di seguito, alcuni punti salienti che rendono raggiungibile lo scopo dell'applicativo e la sua capacità di operare all'interno del SIM nel suo complesso:

- **Interfaccia Utente Intuitiva (GUI):** L'applicativo offre una GUI user-friendly che facilita l'accesso e l'interazione con i dati, permettendo agli utenti di navigare e lavorare con i dati in modo efficace e senza frizioni. Fornisce inoltre tutte le strutture funzionali necessarie alla completa e sicura fruizione dei servizi implementati per gli utenti, tra le quali la gestione sicura delle connessioni e l'autenticazione degli utenti per assicurare che solo gli utenti autorizzati possano accedere ai dati e alle funzionalità, proteggendo così le informazioni sensibili.
- **Supporto ai Modelli e utilizzo Algoritmi:** Offre il supporto necessario per l'elaborazione delle mappe tematiche sulla base dei dati necessari. Fornisce gli strumenti necessari per accedere, gestire e analizzare un'ampia gamma di dati inclusi dati geospaziali, dati osservati in situ e dati provenienti da altri sistemi federati.
- **Gestione degli Output:** L'applicativo permette una gestione efficiente dei dati in ingresso e soprattutto in uscita, con la possibilità di selezionare, estrarre e generare prodotti di output specifici, facilitando così l'adattamento ai requisiti dei modelli. Inoltre, il sistema implementa processi volti a facilitare l'integrazione cloud e l'interoperabilità con altri sottosistemi del SIM

aumentano la flessibilità e l'efficienza nell'accesso e nella condivisione dei dati, migliorando la collaborazione tra gli utenti e gli altri applicativi. La disponibilità di selezione multipla dei prodotti di input da estrarre e, soprattutto, la flessibilità nella generazione e condivisione dei prodotti di output rendono l'applicativo altamente scalabile e adatto a una vasta gamma di applicazioni e scenari d'uso. L'efficienza e la facilità d'uso dell'applicativo sono volte a tenere conto e ovviare ad alcune limitazioni potenzialmente impattanti a vario livello sulle performance dell'applicativo e sulla facilità d'uso dei processi per gli utenti. In particolare, il sistema viene progettato tenendo conto della potenziale opportunità di risparmiare tempo e risorse, accelerando i processi decisionali e migliorando la qualità e l'accuratezza delle analisi. A supporto saranno analizzate logiche di memoria temporanea per impedire il riprocessamento computazionale ogni qual volta che i dati interni al SIM non siano cambiati risparmiando così tempo e risorse.

In sintesi, l'applicativo si rivela essere un asset indispensabile all'interno del portfolio del SIM, contribuendo significativamente al raggiungimento degli obiettivi del progetto e fornendo supporto essenziale nella generazione delle mappe tematiche.

#### **1.1.4.1 Interfaccia – Selezione dell'algoritmo**

L'interfaccia ipotizzata al momento permetterebbe la selezione di un algoritmo.

Tale selezione potrà avvenire attraverso un elenco a tendina contenente i valori delle mappe tematiche predisposte e degli algoritmi ad esse associate.

#### **1.1.4.2 Interfaccia – Selezione dell'area**

L'interfaccia ipotizzata permette la selezione di un'area.

Tale selezione potrebbe essere rappresentata da un elenco a tendina con dei valori prestabiliti, oppure tramite selezione manuale dell'area geografica sulla mappa.

#### **1.1.4.3 Modelli e algoritmi – Calcolo SWE**

Lo "Snow Water Equivalent" (SWE), è una misura utilizzata nella meteorologia e nella scienza delle nevi per quantificare la quantità di acqua contenuta nella neve presente su una determinata area o regione. In altre parole, l'indicatore rappresenta la profondità media di acqua che si otterrebbe se tutto il manto nevoso presente su una superficie venisse fuso istantaneamente.

È un parametro fondamentale per valutare il contributo potenziale della neve alla risorsa idrica disponibile, soprattutto nelle regioni montuose e nelle aree che dipendono dalla neve come fonte di approvvigionamento idrico. La quantità di acqua contenuta nella neve è importante per prevedere la disponibilità di risorse idriche in primavera e in estate quando la neve si scioglie e alimenta fiumi e laghi.

Per misurare l'indicatore SWE vengono utilizzati diversi metodi, tra cui:

- **Sensori a microonde:** questi sensori possono essere montati su satelliti o aeromobili per misurare la riflettanza delle microonde dalla superficie della neve, da cui è possibile calcolare il SWE.



- **Sonde nivometriche:** questi sono strumenti terrestri utilizzati per misurare la profondità e la densità della neve in punti specifici, e quindi calcolare il SWE locale.
- **LiDAR (Light Detection and Ranging):** Questa tecnologia utilizza laser per misurare la distanza tra il sensore e la superficie della neve, consentendo di calcolare la profondità della neve e, successivamente, l'indicatore SWE.

La conoscenza dell'indicatore SWE è fondamentale nella gestione delle risorse idriche, la previsione delle inondazioni e la valutazione del rischio idrogeologico, poiché influisce sulla disponibilità di acqua e sulla gestione delle risorse idriche.

Per l'elaborazione del modello in oggetto, che ha come output le mappe di copertura nivale, occorre che i dati integrati e quelli interoperabili siano raggiungibili, a tal scopo l'applicativo sarà integrato con il sistema esterno di Copernicus.

L'integrazione con i servizi Copernicus attraverso API permettere di ottenere il dato richiesto senza ulteriori elaborazioni.

#### 1.1.4.4 Modelli e algoritmi – Analisi Interferometrica

L'interferometria SAR (radar ad apertura sintetica) satellitare è una tecnica per la misura accurata di movimenti lenti del terreno dovuti a subsidenza, frane, terremoti, fenomeni vulcanici, ecc. Grazie alla tecnologia dell'interferometria SAR è possibile misurare spostamenti del terreno con precisione anche millimetrica, a partire da dati acquisiti da satelliti che orbitano intorno alla terra su orbite polari eliosincrone. Il principio fondamentale alla base di questa tecnica è che la differenza di fase tra due immagini SAR acquisite in tempi diversi e con angoli di vista leggermente differenti è legata alla topografia della scena osservata nonché ai movimenti avvenuti nell'intervallo di tempo intercorso tra le due acquisizioni.

Il segnale retro-diffuso dalla scena osservata – immagine SAR – è un segnale complesso, composto pertanto da ampiezza e fase. L'ampiezza dipende dalla potenza del segnale retro diffuso dal target. La fase dipende, invece, dalla distanza tra l'antenna radar e il bersaglio al suolo (target) e dalle caratteristiche del mezzo di trasmissione e del target stesso.

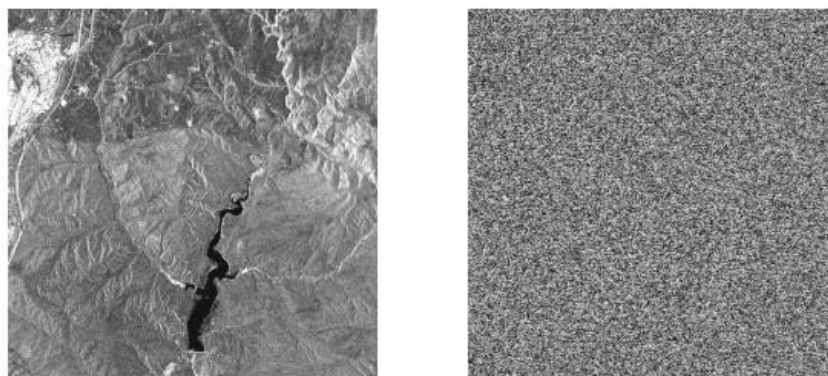
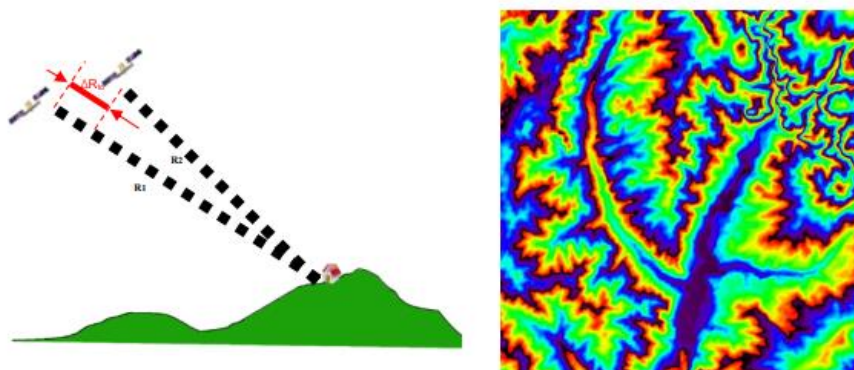


Figura 1. Esempio di ampiezza (a sinistra) e fase (a destra) di un'immagine SAR.

Anche se l'immagine di ampiezza (esempio a sinistra della Figura 1) presenta differenze significative rispetto ad un'immagine ottica, le caratteristiche della scena osservata sono ancora chiaramente visibili, è possibile riconoscere una zona urbana (area bianca) in alto a sinistra ed un corpo d'acqua (zona nera) al centro. Al contrario la fase di una singola immagine SAR (sulla destra della Figura 1) non mostra caratteristiche riconoscibili. La differenza di fase, o "fase interferometrica", tra due immagini SAR, invece, contiene informazioni sulla scena ritratta e mostra una correlazione con la topografia. Assumendo che le caratteristiche del mezzo di trasmissione e del target non cambino da un'acquisizione all'altra, la fase interferometrica risulta proporzionale alla differenza tra la lunghezza dei percorsi seguiti dal segnale elettromagnetico durante le due acquisizioni. La Figura 2 mostra un esempio di fase interferometrica: c'è una forte correlazione tra fase interferometrica e topografia della scena osservata. Le transizioni dal rosso al blu visibili in figura prendono il nome di "frange interferometriche" e rappresentano un ciclo di fase, cioè una rotazione del segnale di fase di  $360^\circ$ . La sensibilità della fase interferometrica alla topografia dipende dalla distanza tra i due satelliti negli istanti di acquisizione delle due immagini SAR. Quando questa distanza, che prende il nome di "baseline interferometrica", è nulla, la fase interferometrica è del tutto insensibile alla topografia e risulta anch'essa identicamente nulla; all'aumentare della componente della baseline interferometrica ortogonale alla direzione di vista del radar, cresce la sensibilità alla topografia ed aumenta la frequenza delle frange interferometriche. È necessario garantire che la componente ortogonale della baseline interferometrica rimanga al di sotto della cosiddetta "baseline critica" in quanto, per valori maggiori o uguali a tale valore, le frange risultano indistinguibili e la fase misurata è inutilizzabile.



*Figura 2. Modello geometrico dell'acquisizione interferometrica (a sinistra) e un esempio di fase interferometrica, o differenza di fase (a destra).*

Conoscendo il contributo topografico che caratterizza la scena osservata, è possibile rimuoverlo dall'interferogramma ed isolare le altre componenti del segnale di fase ed in particolare la parte direttamente correlata ad un'eventuale deformazione della superficie terrestre intercorsa tra le due acquisizioni (Figura 3).

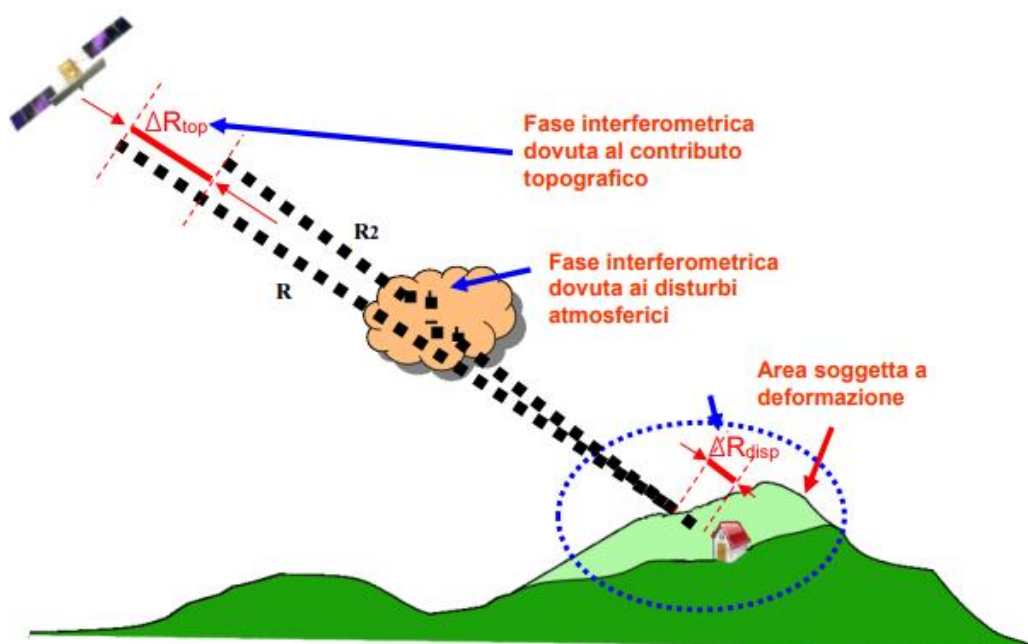


Figura 3. Modello di acquisizione interferometrica con l'evidenza dei vari contributi di fase.

Un altro aspetto fondamentale delle misure interferometriche è che esse esprimono la proiezione del movimento tridimensionale del target lungo la sola direzione di vista del sensore (LOS, Line of Sight) secondo la geometria ascendente e discendente, come si può vedere in Figura 4, 5 e 6.

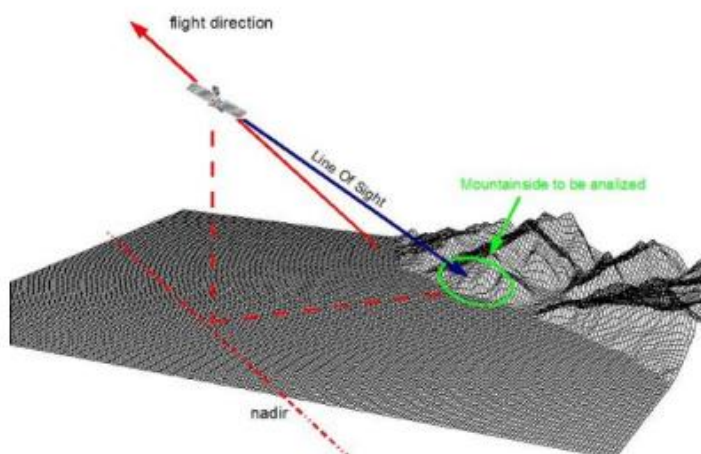


Figura 4. Direzione di vista (LOS) del sensore SAR.

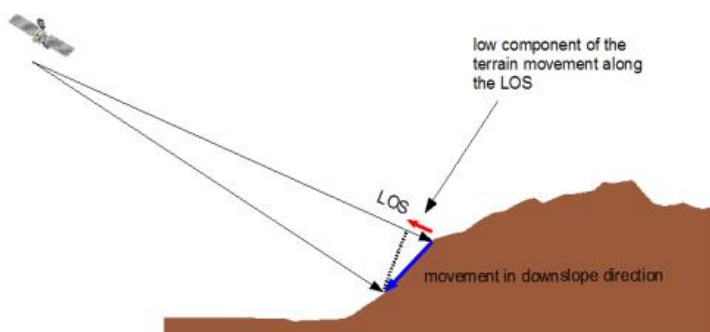


Figura 5. Il segmento rosso rappresenta la componente dello spostamento del terreno misurata dal sensore SAR in geometria ascendente. Il segmento blu rappresenta il movimento reale.

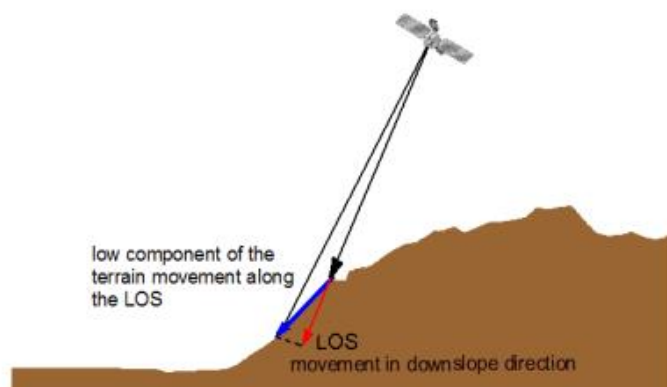


Figura 6. Il segmento rosso rappresenta la componente dello spostamento del terreno misurata dal sensore SAR in geometria discendente. Il segmento blu rappresenta il movimento reale.

Pertanto, per interpretare correttamente i risultati ottenuti da un'analisi interferometrica è fondamentale conoscere i parametri della linea di vista del sensore (LOS). Combinando il risultato di due analisi complementari ascendenti e discendenti su una stessa area, si riescono ad isolare la componente dello spostamento lungo la direzione est-ovest (E-W) e quella lungo la direzione verticale (H). Non è possibile, invece, misurare un'eventuale componente lungo la direzione nord-sud (N-S) a causa della natura delle orbite dei satelliti SAR.

Tipicamente, gli algoritmi di processamento delle immagini SAR per interferometria svolgono le seguenti funzioni:

- Import del dato satellitare: gestione dei dati ancillari e conversione del dato SAR in un formato compatibile.
- Coregistrazione: 'allineamento' delle diverse acquisizioni SAR su uno stesso grigliato di linee e colonne.
- Generazione degli interferogrammi: produzione delle immagini di differenza di fase.

Gli algoritmi di interferometria classica forniscono mappe di deformazione della superficie terrestre con una sola coppia di acquisizioni. Tuttavia, sono sensibili agli errori atmosferici e alle decorrelazioni temporali.

L'interferometria PS-InSAR, invece, è una tecnica avanzata che si concentra sui punti di riflessione persistenti sulla superficie terrestre, come edifici o infrastrutture. Questi punti sono utilizzati per monitorare le deformazioni nel tempo.

Nel caso di analisi PS-InSAR, in cui si estrae l'informazione rilevante soltanto su un sottoinsieme di pixel, gli step aggiuntivi prevedono generalmente:

Selezione dei PS: selezione dei punti più coerenti all'interno del grigliato comune.

Stima di un modello di deformazione: estrazione dei parametri del modello polinomiale che meglio approssima le deformazioni.

Phase unwrapping: risoluzione dell'ambiguità di fase.

Filtraggio degli artefatti orbitali e atmosferici, e del rumore.

Derivazione delle componenti verticale ed Est-Ovest delle deformazioni (nel caso di elaborazioni in doppia geometria di acquisizione).

L'approccio Short Baseline Subset (SBAS) utilizza una serie di coppie di immagini SAR ottenute a partire da dati acquisiti da orbite sufficientemente vicine (piccole baseline spaziali) e possibilmente con tempi di rivisitazione non elevati (piccole baseline temporali); queste caratteristiche consentono di minimizzare gli effetti di rumore.

Nel caso di elaborazioni PS-InSAR, l'output del processamento degli stack di immagini SAR è costituito da punti di misura contenenti un grande mole di dati di deformazione, sia sintetici (per esempio la velocità media delle deformazioni nel periodo analizzato), sia di dettaglio (per esempio la posizione del punto ad ogni acquisizione SAR elaborata. La densità dei punti di misura può essere anche molto elevata, soprattutto in aree urbane o terreni brulli.

L'analisi di questi dati è molto utile per l'estrapolazione di informazioni sintetiche riguardanti la deformazione superficiale del territorio analizzato. La Time Series Analysis è particolarmente utile per ottenere informazioni rappresentative:

- la velocità media delle deformazioni,
- l'occorrenza di variazioni di trend delle deformazioni nel periodo analizzato,
- l'ampiezza delle oscillazioni stagionali
- altri parametri sintetici.

Queste informazioni possono essere estratte dalle serie temporali dei PS con algoritmi specifici e possono essere usate per realizzare carte tematiche.

#### **1.1.4.5 Modelli e algoritmi – Analisi Multispettrale**

L'Analisi Multispettrale è una tecnica che consente di studiare le proprietà fisiche e chimiche di un oggetto o di una superficie, misurando la sua riflettanza o emissione in diverse lunghezze d'onda dello spettro elettromagnetico. Questa tecnica è molto usata nell'ambito del telerilevamento, cioè



l'osservazione della Terra da una distanza, mediante sensori montati su piattaforme aeree o spaziali. Le immagini satellitari sono un tipo di dati di telerilevamento, che rappresentano la radiazione elettromagnetica riflessa o emessa dalla superficie terrestre, registrata da un sensore a bordo di un satellite artificiale. Le immagini satellitari possono essere monospettrali, se registrano la radiazione in una sola banda spettrale, o multispettrali, se registrano la radiazione in più bande spettrali, tipicamente nell'intervallo del visibile e del vicino infrarosso.

L'Analisi Multispettrale con immagini satellitari consiste nell'elaborare e interpretare le immagini multispettrali, per estrarre informazioni utili sulle caratteristiche e le condizioni del territorio osservato. Queste informazioni possono riguardare, ad esempio, la tipologia e la copertura del suolo, la presenza e lo stato di salute della vegetazione, l'uso e l'occupazione del suolo, la qualità dell'aria e dell'acqua e altri parametri. L'Analisi Multispettrale con immagini satellitari viene usata nel contesto del monitoraggio del rischio idrogeologico, per valutare la pericolosità e la vulnerabilità del territorio rispetto a fenomeni di dissesto, come frane, alluvioni ed erosione costiera. Tra le fonti di immagini satellitari più usate per l'Analisi Multispettrale nel monitoraggio del rischio idrogeologico in Italia ci sono quelle prodotte dal sistema ESA Copernicus.

Per effettuare l'Analisi Multispettrale con immagini satellitari, ad esempio quelle da ESA Copernicus, si possono usare diversi software e metodi, che dipendono dalle caratteristiche delle immagini e dagli obiettivi da raggiungere. Tra i software più usati ci sono ENVI, ERDAS, QGIS e ArcGIS, che offrono diverse funzionalità per l'elaborazione, la classificazione, la visualizzazione e l'analisi delle immagini. Tra i metodi più usati ci sono le reti neurali artificiali, le macchine a vettori di supporto, gli alberi decisionali e i metodi basati su cluster analysis, che permettono di assegnare una o più etichette a ciascun pixel o gruppo di pixel di un'immagine, in base al contenuto informativo che essi rappresentano.

L'Analisi Multispettrale con immagini satellitari da ESA Copernicus permette quindi di generare mappe tematiche di instabilità idrogeologica per il territorio italiano, che sono utili per la valutazione della pericolosità e del rischio, per la pianificazione e la gestione del territorio, per la prevenzione e la mitigazione in contesti funzionali adeguati all'applicativo in oggetto.

I modelli di analisi multispettrali possono essere applicati ai seguenti ambiti:

- **Rilevamento delle risorse idriche superficiali.** Le immagini multispettrali possono essere utilizzate per identificare e mappare corpi d'acqua superficiali come fiumi, laghi, stagni e canali. La combinazione di diverse bande spettrali può rivelare caratteristiche idrologiche, come la profondità e la chiarezza dell'acqua.
- **Monitoraggio delle risorse idriche sotterranee.** L'analisi multispettrale può contribuire al monitoraggio delle risorse idriche sotterranee, rilevando indicatori indiretti come cambiamenti nella vegetazione che possono essere correlati alle variazioni nel livello dell'acqua sotterranea.
- **Rilevamento dell'intrusione salina:** In alcune aree costiere, l'acqua salina può infiltrarsi nelle falde acquifere dolci. L'analisi multispettrale può essere utilizzata per rilevare e monitorare l'intrusione di acqua salina, poiché l'acqua salata e dolce può avere diverse firme spettrali.

- **Caratterizzazione geologica:** Le immagini multispettrali possono essere utilizzate per identificare formazioni geologiche e strutture idrogeologiche come fratture, faglie o terreni permeabili. Queste informazioni sono cruciali per comprendere come l'acqua si muove nel sottosuolo.
- **Monitoraggio della qualità dell'acqua.** Alcune bande spettrali possono essere utilizzate per valutare la qualità dell'acqua, rilevando la presenza di inquinanti o sostanze chimiche nell'acqua. Ad esempio, la presenza di alghe o sedimenti può essere rilevata tramite l'analisi delle firme spettrali.
- **Studi idrogeologici di lungo termine:** L'analisi multispettrale può essere utilizzata per creare serie temporali di immagini che consentono il monitoraggio a lungo termine delle risorse idriche, il rilevamento di cambiamenti nel tempo e la valutazione degli impatti di eventi climatici estremi.

Questi modelli sono tra quelli principalmente usati dall'applicativo in oggetto per la generazione di mappe utili al monitoraggio del rischio idro-geologico.

#### *1.1.4.6 Modelli e algoritmi - Classificazione immagini satellitari*

La classificazione delle immagini spettrali in ambito idrogeologico è un processo mediante il quale le immagini ottenute da sensori remoti, come satelliti o droni, vengono analizzate e categorizzate in base ai loro contenuti spettrali al fine di ottenere informazioni dettagliate sulle caratteristiche del territorio e sui fenomeni legati all'acqua e al terreno. Questo processo è ampiamente utilizzato nell'ambito del monitoraggio, della gestione e della pianificazione delle risorse idrogeologiche, inclusi il controllo delle alluvioni, la valutazione del rischio di frane, la gestione delle risorse idriche e la protezione ambientale.

La classificazione di immagini satellitari in estrema sintesi consiste nell'assegnare una o più etichette a ciascun pixel o gruppo di pixel di un'immagine di origine satellitare, in base al contenuto informativo che essi rappresentano. Questo permette di estrarre informazioni utili sulle caratteristiche e le condizioni del territorio osservato, e di produrre mappe tematiche che ne sintetizzano gli aspetti di interesse.

Esistono diversi modelli e algoritmi per la classificazione di immagini satellitari, che si basano su criteri diversi, quali la natura dei dati, il grado di supervisione, il livello di dettaglio e la complessità computazionale. Tra i modelli più usati ci sono le reti neurali artificiali (ANN), le reti neurali convoluzionali (CNN), le macchine a vettori di supporto (SVM), gli alberi decisionali (DT) e i metodi basati su cluster analysis (CA).

Le reti neurali artificiali sono modelli matematici che simulano il funzionamento dei neuroni biologici, e che sono in grado di apprendere dai dati e di adattarsi a situazioni nuove. Le reti neurali convoluzionali sono un tipo particolare di reti neurali artificiali, che sfruttano la struttura spaziale delle immagini, e che sono composte da diversi strati di neuroni, ognuno dei quali applica una serie di operazioni di filtraggio, attivazione e pooling. Le macchine a vettori di supporto sono modelli statistici che cercano di separare le classi di pixel con un iperpiano che massimizza il margine tra esse. Gli alberi decisionali sono modelli grafici che rappresentano una sequenza di domande e

risposte, che portano alla classificazione dei pixel in base a dei criteri di scelta. I metodi basati su cluster analysis sono metodi non supervisionati, che raggruppano i pixel in base alla loro similarità spettrale, senza usare informazioni a priori sulle classi.

Tra le fonti di immagini satellitari più usate per la classificazione ci sono quelle prodotte dal sistema ESA Copernicus, che è il programma europeo per l'osservazione della Terra, che comprende una serie di satelliti chiamati Sentinel, che forniscono dati multispettrali, iperspettrali, radar e altimetrici, con diverse risoluzioni spaziali e temporali. Questi dati sono accessibili gratuitamente e facilmente attraverso diverse piattaforme messe a disposizione da ESA.

Uno degli scopi della classificazione di immagini satellitari per questo applicativo è quello di generare mappe tematiche afferenti aspetti diversi di instabilità idro-geologica per il territorio italiano, utili agli scopi del progetto nella sua interezza, per il monitoraggio in primis.

Per generare mappe tematiche di instabilità idro-geologica, si possono usare diversi modelli e algoritmi di classificazione, a seconda delle caratteristiche delle immagini satellitari e degli obiettivi da raggiungere. Ad esempio, si possono usare le reti neurali convoluzionali per classificare le immagini ad alta risoluzione dei satelliti Sentinel, che permettono di rilevare le caratteristiche ambientali oggetto dell'applicativo (ad es. aree alluvionate) con un elevato grado di dettaglio e di accuratezza). Si possono usare le macchine a vettori di supporto per classificare le immagini iperspettrali del satellite Sentinel-3, che permettono di discriminare le diverse tipologie di vegetazione e di suolo, e di valutare il loro stato di salute e di vulnerabilità. In modo analogo si possono usare gli alberi decisionali e i metodi basati su cluster analysis per classificare le immagini multispettrali in modo da generare mappe utili al monitoraggio del territorio, del clima, dell'ambiente e delle attività antropiche.

Questi sono solo alcuni esempi di come si possono usare i modelli e gli algoritmi di classificazione di immagini satellitari per generare mappe tematiche di instabilità idro-geologica per il territorio italiano. Ovviamente, esistono altre tecniche e combinazioni possibili, che dipendono dalle specifiche esigenze e dalle disponibilità di dati. L'importante è scegliere il modello e l'algoritmo più adatti al problema da risolvere, e di validare i risultati ottenuti con dati di controllo e di verifica.

In questo applicativo, la categorizzazione può avvenire in due modi:

Input manuale dell'operatore preposto.

Automatico dal sistema di import (come succede ad esempio con gli strumenti forniti da COPERNICUS).

#### **1.1.4.7 Output – Snow Water Equivalent**

L'Output in oggetto è il risultato di quanto elaborato dal modello "Calcolo SWE".

Tale output sarà fornito da Copernicus, storicizzato per ogni periodo temporale da definirsi e conservato in uno specifico formato.



#### 1.1.4.8 Output – Mappe copertura nivale

Una mappa di copertura nivale, o “mappa nivale”, è una rappresentazione cartografica di un’area geografica che indica la distribuzione e l’estensione della copertura della neve in un dato momento.

L’Output in oggetto sarà fornito da Copernicus e sarà il risultato di quanto elaborato dai modelli:

“Analisi interferometrica”

“Classificazione immagini satellitari”

#### 1.1.4.9 Output – Mappe post evento

Una mappa post evento è una rappresentazione grafica delle conseguenze di un evento idrogeologico, come un’alluvione, una frana o un’inondazione, una volta che l’evento è avvenuto. Queste mappe sono utilizzate per documentare e valutare i danni causati dall’evento e per pianificare le operazioni di soccorso, il ripristino e la mitigazione dei rischi futuri.

Ecco alcune delle informazioni tipiche che potrebbero (da analizzare in seguito la fattibilità) essere presenti in una mappa post evento:

- **Estensione e gravità dei danni.** La mappa mostrerà l’area geografica interessata dall’evento idrogeologico e indicherà i livelli di danni subiti. Questo potrebbe includere danni alle infrastrutture, alle proprietà private, alle coltivazioni agricole e altro ancora.
- **Linee di flusso dell’acqua.** Potrebbero essere rappresentate le linee di flusso dell’acqua durante l’evento, mostrando come si è diffusa l’acqua in diverse zone. Questo è utile per comprendere come l’evento si è sviluppato e dove sono stati concentrati i danni.
- **Erosione del suolo.** Se l’evento causasse erosione del suolo, la mappa potrebbe mostrare le aree dove il terreno è stato eroso o spostato.
- **Punti di accumulo dell’acqua.** Se ci sono stati accumuli significativi di acqua, ad esempio in seguito a inondazioni, la mappa potrebbe indicare dove si sono verificati questi accumuli.
- **Dati sui danni strutturali.** La mappa potrebbe includere informazioni sui danni a edifici, ponti, strade e altre infrastrutture, indicando la gravità dei danni.
- **Effetti sulle risorse idriche.** Se l’evento ha avuto un impatto sulle risorse idriche locali, come fiumi, laghi o pozzi, la mappa potrebbe mostrarlo.
- **Rischi residui.** La mappa potrebbe anche evidenziare rischi residui, come possibili frane future o aree ancora soggette a inondazioni.
- **Zone a rischio.** Basandosi sull’analisi post evento, potrebbe essere possibile identificare zone a rischio elevato per futuri eventi idrogeologici e queste informazioni potrebbero essere utilizzate per la pianificazione della mitigazione dei rischi.

#### 1.1.4.10 Output – Carta copertura del suolo

La “carta di copertura del suolo” in ambito idrogeologico è una rappresentazione cartografica dettagliata delle diverse categorie di terreno e copertura vegetale presenti in una specifica area geografica. Questa mappa fornisce informazioni cruciali sulla distribuzione delle caratteristiche del suolo e della vegetazione e può essere utilizzata per valutare il rischio di dissesto idrogeologico,

pianificare la gestione delle risorse idriche e svolgere attività di monitoraggio ambientale. Solitamente questo output è gestito da Copernicus.

#### **1.1.4.11 Output – Mappa dell'umidità del suolo**

La mappa dell'umidità del suolo è una rappresentazione cartografica che mostra la distribuzione e il livello di umidità presente nel suolo di un'area geografica specifica. Queste mappe sono importanti strumenti di monitoraggio e gestione nel campo dell'idrogeologia e vengono utilizzate per valutare le condizioni del suolo in relazione alle risorse idriche, all'agricoltura, alla prevenzione del dissesto idrogeologico e ad altre applicazioni legate all'acqua e al terreno. Solitamente questo output è gestito da Copernicus.

#### **1.1.4.12 Output – Mappe di deformazione superficiale da InSAR**

Le tecniche di interferometria SAR (InSAR) consentono di produrre mappe molto accurate delle deformazioni del terreno a partire dall'analisi di stack di immagini SAR acquisite da diversi sensori e satelliti (COSMO-SkyMed – Banda X, SAOCOM – Banda L, Sentinel-1 – Banda C). L'output più grezzo del processamento InSAR è un layer di punti (PS/DS) in cui ogni punto indica un corner reflector di cui viene fornita la serie storica di spostamenti (distanza, velocità) lungo la linea di vista del satellite. Il contenuto informativo delle mappe include quindi la perimetrazione delle aree soggette a deformazione nonché l'identificazione di eventuali anomalie spazio-temporali sia sul singolo corner reflector sia sul cluster di deformazione. Le misure di deformazione vengono anche calibrate con l'uso di dati GNSS con lo scopo di migliorarne l'accuratezza.

Lo scopo dei prodotti InSAR è quindi quello di fornire delle informazioni di monitoraggio sistematico su vasta scala, in grado di segnalare eventuali nuove zone attive. Si possono quindi configurare due principali modi d'uso:

- Mappatura, con lo scopo di evidenziare nuove aree di deformazione (o anomalie) su aree vaste;
- Monitoraggio, con lo scopo di fornire una informazione sulla deformazione in corso su aree specifiche e con una elevata frequenza di aggiornamento.

#### **1.1.5 Benefici Attesi**

L'implementazione di un applicativo specializzato nell'analisi di dati satellitari e ortofoto permette al SIM di fornirsi di uno strumento trasversale a diverse esigenze. Gli output di questo applicativo potranno essere usati in concomitanza con quelli generati da altri applicativi per meglio comprendere e gestire sia risposte a eventi calamitosi, per esempio confrontando le immagini pre e post evento, o per pianificare la gestione delle risorse ambientali.

In aggiunta a quanto sopra l'applicativo, avendo federato i provider necessari alla generazione degli output da analisi dei dati satellitari, solleva l'utente dal doversi interfacciare con altri sistemi esterni e ne migliora l'esperienza di fruizione dei servizi.

### 1.1.6 Vincoli e Limitazioni

I vincoli primari che influenzano l'applicativo sono strettamente correlati agli obblighi e ai patti concordati con i fornitori/proprietari dei dati. Questi accordi delineano le specifiche condizioni di utilizzo, accesso e condivisione dei dati, imponendo eventuali limitazioni che dovranno essere analizzate e gestite durante la fase di implementazione e messa in operazione dell'applicativo.

### 1.1.7 Stakeholders Coinvolti

Gli utenti principali dell'applicativo, che rappresentano le istituzioni e gli organi preposti e specializzati nel dominio del Verticale sono:

- ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale);
- ADB (L'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po);
- DPC (Dipartimento Protezione Civile);
- Regioni.

Questi stakeholder sono fondamentali per il corretto funzionamento e l'utilizzo dell'applicazione, poiché possiedono competenze e conoscenze specifiche nel settore e saranno coinvolti nella sua implementazione per mettere in operazione un sistema innovativo e di riferimento per il SIM.

### 1.1.8 Conclusione e Riepilogo

Al termine del complesso processo di analisi, sviluppo e test dell'applicativo, il Sistema d'Informazione (SIM) sarà dotato di dati accuratamente elaborati e pronti per essere utilizzati sia a scopo interno, per le operazioni aziendali quotidiane, sia per i fini precedentemente delineati nei capitoli precedenti all'interno dell'applicativo stesso. L'uniformità e la meticolosa formattazione di questi dati costituiscono un passo di cruciale importanza, in quanto favoriscono notevolmente la semplicità e l'efficacia nell'elaborazione e nell'analisi delle informazioni. Questa coerenza nella struttura dei dati contribuisce in modo significativo a garantire che il SIM possa svolgere le sue funzioni in modo efficiente, fornendo una base solida per decisioni informate e per un migliore supporto alle attività e migliore generazione delle mappe tematiche.

## 1.2 Requisiti funzionali

### 1.2.1 Elenco dei Requisiti Funzionali

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
<b>VIAP04_RF001</b>	Import storico delle immagini da Copernicus	Organizzato tramite un processo manuale di ingestion. Il trigger ipotizzato consiste in un bottone dal pannello di amministrazione.	Verrà predisposto un flusso di ingestion manuale accessibile solo agli Amministratori di sistema. Tale import aggiornerà una data di "Last import process" utilizzata per l'import incrementale

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
<b>VIAP04_RF002</b>	Import storico delle immagini Ortofoto AGEA	Organizzato tramite un processo manuale di ingestion. Il trigger ipotizzato consiste in un bottone dal pannello di amministrazione.	Verrà predisposto un flusso di ingestion manuale accessibile solo agli Amministratori di sistema. Tale import aggiornerà una data di "Last import process" utilizzata per l'import incrementale
<b>VIAP04_RF003</b>	Selezione dell'area di interesse	L'interfaccia permette la selezione di un'area. L'utente potrà evidenziare un'area geografica sulla mappa. Tale area sarà l'oggetto dell'applicazione del modello.	La scelta del controllo di input da gestire verrà fatta in seguito ad analisi di fattibilità basate sui casi d'uso più utilizzati e sulla migliore integrazione/interrogazione dei dati basata sulla compatibilità
<b>VIAP04_RF004</b>	Selezione del modello/algoritmo	L'interfaccia permette la selezione di modello/algoritmo da applicare. Tale selezione potrebbe essere rappresentata da un elenco a tendina con dei valori prestabiliti per l'appunto i modelli e algoritmi proposti all'interno del documento.	Dropdown list contenente come opzioni i singoli modelli/algoritmi
<b>VIAP04_RF005</b>	Conferma selezioni	Alla pressione di questo bottone, vengono generati gli output sulla base dei controlli di selezione dell'area e dell'algoritmo	Bottone di conferma. Tale bottone permetterà la generazione dell'output richiesto
<b>VIAP04_RF006</b>	Mappe copertura nivale	Questa mappa viene generata seguito della conferma dati con l'input "Conferma selezioni"	A seguito della Classificazione delle immagini satellitari, questa mappa viene generata seguito della conferma dati con l'input "Conferma selezioni".
<b>VIAP04_RF007</b>	Mappe post evento	Questa mappa viene generata seguito della conferma dati con l'input "Conferma selezioni"	A seguito della Classificazione delle immagini satellitari e dell'analisi interferometrica, questa mappa viene generata seguito della conferma dati con l'input "Conferma selezioni".
<b>VIAP04_RF008</b>	Carta della copertura del suolo	Questa mappa viene generata seguito della	A seguito della Classificazione delle immagini satellitari, questa mappa viene generata seguito

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
		conferma dati con l'input "Conferma selezioni"	della conferma dati con l'input "Conferma selezioni".
<b>VIAP04_RF009</b>	Mappa dell'umidità del suolo	Questa mappa viene generata seguito della conferma dati con l'input "Conferma selezioni"	A seguito dell'analisi multispettrale, questa mappa viene generata seguito della conferma dati con l'input "Conferma selezioni".
<b>VIAP04_RF010</b>	Snow Water Equivalent	Questa mappa viene generata seguito della conferma dati con l'input "Conferma selezioni"	A seguito del Calcolo dello SWE, questa mappa viene generata seguito della conferma dati con l'input "Conferma selezioni".
<b>VIAP04_RF010 Vq</b>	Mappe di deformazione superficiale da InSAR	L'utente attraverso l'interfaccia grafica messa a disposizione dall'applicativo sarà in grado di selezionare un'area, oggetto di analisi e visualizzare ove disponibili la mappa della relativa deformazione	Le mappe di deformazione superficiale saranno messe a disposizione dalla catena interferometrica implementata nel SIM, che vede come principale fonte di dati il sistema Copernicus,

Innanzitutto, è utile presentare quali funzionalità vengano fornite all'Utente di riferimento. Queste ultime sono diverse per tipo, sebbene tutte articolate intorno alla generazione di mappe focalizzate sul tema del rischio idrogeologico. Nella fattispecie, le seguenti saranno le più rilevanti funzionalità disponibili:

- **Visualizzazione anteprima mappe**, che permette all'utente di prendere visione delle mappe disponibili e, conseguentemente, di avere immediata comprensione delle categorie di previsione prese in considerazione dal sistema.
- **Selezione area di interesse**: all'interno dell'interfaccia di visualizzazione dell'anteprima di una mappa è reso possibile all'utente selezionare la parte sulla quale si vuole effettuare nello specifico l'elaborazione dei dati e la generazione della mappa.
- **Selezione e configurazione del modello di calcolo**: per la generazione della mappa di cui l'utente ha bisogno, il sistema permette di scegliere e configurare il modello di calcolo da utilizzare ed eventuali ulteriori parametri utili per personalizzare la generazione della mappa secondo le necessità dell'Utente.
- **Visualizzazione di evidenze specifiche**, che fornisce funzionalità di filtro e personalizzazione della mappa utili a generare un prodotto aderente alle necessità dell'Utente in termini di visualizzazione di specifici elementi all'interno dello spazio di interesse.

Una volta specificate così le funzionalità principali, a seguire viene descritta sinteticamente la **modalità con cui il SIM risponderà alla necessità dell'Utente di riferimento.**

L'Utente di riferimento (nel seguito abbreviato in Utente) accederà mediante login alla sezione dedicata del SIM ed avrà la possibilità di visualizzare dal Catalogo Dati alcune significative rappresentazioni cartografiche digitalizzate del territorio italiano.

L'Utente potrà visualizzare tali rappresentazioni in modalità preview su mappa di base oppure in modalità estesa nella componente cartografica presente nel SIM, anche in integrazione con altri tematismi di interesse.

Navigando sulla cartina l'Utente avrà la possibilità, attraverso specifiche funzionalità di perimetrazione di porzioni di superficie della cartografia di base, di individuare e selezionare l'area di proprio interesse su cui eseguire l'analisi. Tale area di interesse potrà avere forma arbitraria.

Una volta delimitata l'area di interesse, dal Catalogo delle Risorse di Calcolo (modelli/algoritmi) l'Utente potrà selezionare i seguenti modelli di calcolo:

- Snow water equivalent
- Mappe copertura nivale
- Mappe post evento
- Carta copertura del suolo
- Mappa dell'umidità del suolo
- Mappe di deformazione superficiale da InSAR

Ognuno di questi modelli è oggetto di descrizione nel paragrafo Funzioni, Algoritmi e Modelli dell'allegato sullo specifico applicativo. Alla richiesta di esecuzione di ognuno dei modelli di calcolo citati sopra, il SIM presenterà all'Utente attraverso apposita interfaccia grafica la configurazione del modello di calcolo selezionato e i relativi dati di input necessari. Ad esempio, riporterà le coordinate del perimetro dell'area di interesse, visibile anche in modalità preview, con alcuni metadati geografici ad essa associati (e.g. il Sistema di Riferimento). Inoltre, potrà richiedere all'Utente la risoluzione spaziale/temporale dell'output e quali immagini in input utilizzare tra prodotti satellitari e di altra natura.

Qualora i dati di input necessari siano già disponibili nel SIM, l'Utente potrà verificarne la completezza e la correttezza tramite apposito tool prima di avviare l'analisi. Il tool consisterà in un wizard di visualizzazione dei dati presenti identificandone copertura storica relativamente all'area selezionata e illustrandone caratteristiche principali.

In caso negativo, l'Utente avrà la possibilità di specificare parametri di connessione che permettano di salvare in modo automatico all'interno del SIM il dato aggiornato, e.g. tramite un Web Map Service o REST API.

Inoltre, l'Utente dovrà avere la possibilità di visualizzare in mappa e editare il dato da aggiornare mediante tools di editing standard di un sistema GIS (ad es. QGIS).

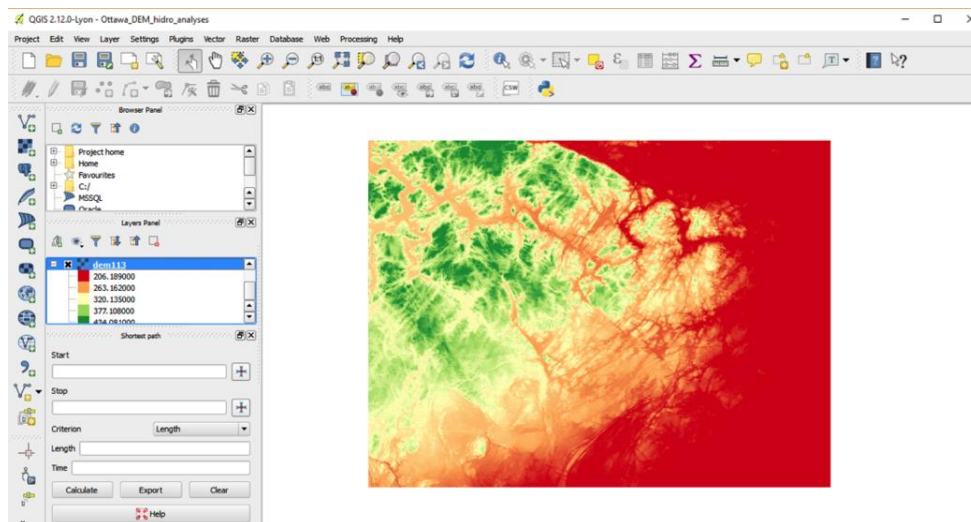


Figura 1 - esempio di sistema GIS

Al termine delle operazioni di verifica, di aggiornamento e di editing degli input, l'Utente dovrà confermare che tali dati sono corretti e potrà avviare la procedura di elaborazione.

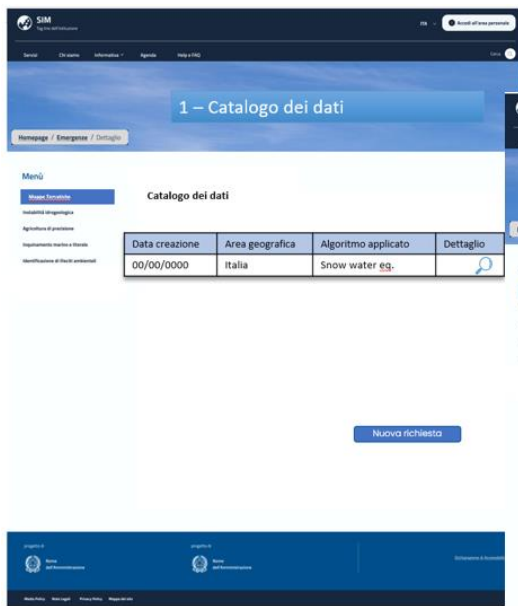
Al termine dell'elaborazione, il SIM presenterà a video all'Utente i risultati ottenuti, restituendo su mappa bidimensionale i valori calcolati dal modello selezionato. Tali mappe saranno memorizzate automaticamente nel Catalogo Dati del SIM per successive visualizzazioni o analisi.

L'Utente avrà la possibilità di esportare le mappe in output in diversi formati standard geografici, e.g. GeoTiff, e non geografici, e.g. JPEG. Inoltre, avrà anche la possibilità di selezionare i dati raw e scaricarli localmente.

Di seguito si propone un esempio grafico di quello che potrebbe essere l'operativa utente e l'interfaccia

- **Selezione dei dati**





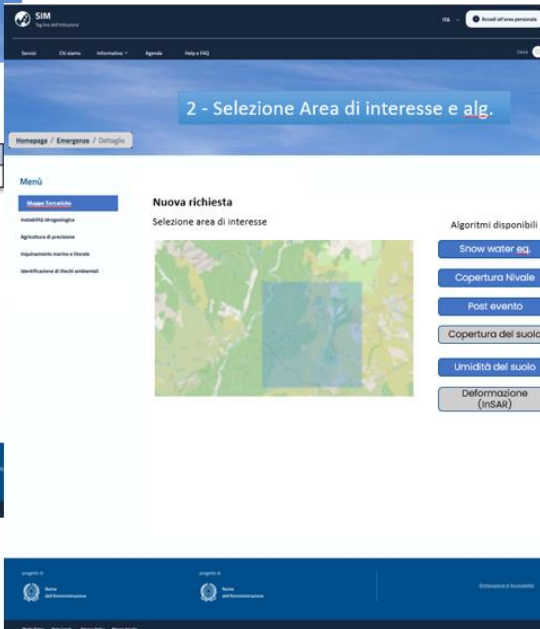
**1 – Catalogo dei dati**

Menu: [Home](#) / [Emergenza](#) / [Dettaglio](#)

**Catalogo dei dati**

Data creazione	Area geografica	Algoritmo applicato	Dettaglio
00/00/0000	Italia	Snow water eq.	<a href="#">Nuova richiesta</a>

[Nuova richiesta](#)



**2 - Selezione Area di interesse e alg.**

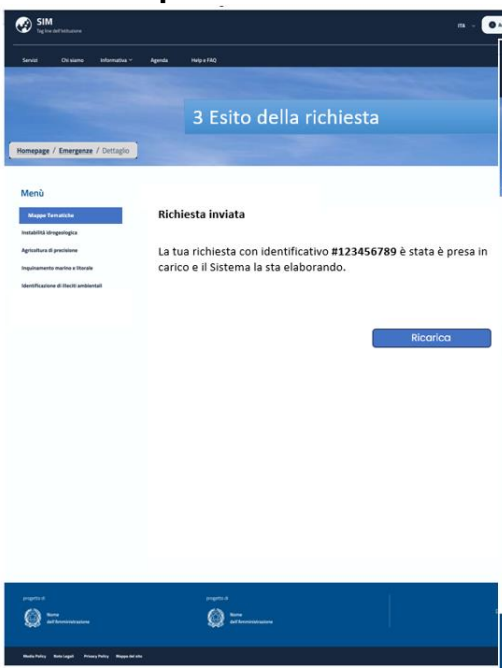
Menu: [Home](#) / [Emergenza](#) / [Dettaglio](#)

**Nuova richiesta**  
Selezione area di interesse

Algoritmi disponibili:

- [Snow water eq.](#)
- [Copertura Nivale](#)
- [Post evento](#)
- [Copertura del suolo](#)
- [Umidità del suolo](#)
- [Deformazione \(InSAR\)](#)

• **Gestione dell'output**




**3 Esito della richiesta**

Menu: [Home](#) / [Emergenza](#) / [Dettaglio](#)

**Richiesta inviata**

La tua richiesta con identificativo **#123456789** è stata presa in carico e il Sistema la sta elaborando.

[Ricarica](#)



**4 Output della richiesta**

Menu: [Home](#) / [Emergenza](#) / [Dettaglio](#)

**Visualizza output**

[Stampa dati](#)

[Dettaglio risultati](#)

**Descrizione**

Questa applicazione presenta risultati di processi di monitoraggio per l'Europa, basati sul modello di simulazione del Copernicus Fire Weather Index System (FWI). Questo modello è utilizzato dallo standard European Forest Fire Information System (EFFIS) e fornisce una valutazione continua e aggiornata del pericolo di incendio basata esclusivamente su condizioni meteorologiche osservate all'incasso, alla diffusione e alla vulnerabilità degli incendi.

Questa applicazione presenta la valutazione FWI per il clima attuale, calcolata utilizzando la mappa EWS, e la previsione futura derivata dalle mappe modello di simulazione generale modello climatico regionale. I tempi di calcolo e i dati sono stati calcolati per l'intero periodo di tempo per il quale l'intervallo di incidenza nelle simulazioni dei modelli climatici. Anche le proiezioni future sono correlate per base rispetto ai valori FWI calcolati utilizzando la mappa EWS. I valori FWI sono disponibili per il clima attuale (1981-2020), proiezioni future (2021-2050), media storica (2041-2060) e fine secolo (2071-2095).

**Data di pubblicazione** 14/12/2024

**Applicazioni correlate** Indagini meteorologiche e monitoraggi del fenomeno meteorologico per l'Europa dal 1980 al 2010 derivati da dati e proiezioni climatiche

**Link utili** <https://atlas.copernicus.eu/atlasapp/efwis/efwis-forecast>



## 1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati

I requisiti non funzionali sono aspetti cruciali che influenzano la performance, l'usabilità, l'affidabilità e altre caratteristiche importanti del sistema in esame. Di seguito sono riportati i requisiti non funzionali correlati con i requisiti funzionali:

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
VIAP04_RFN001	Interoperabilità. È fondamentale che il sistema possa interfacciarsi efficacemente con altre piattaforme e sistemi che forniscono dati di input.	Può essere realizzato attraverso API standardizzate, protocolli di comunicazione comuni come REST o SOAP, e formati di dati standard come JSON o XML.	Esposizione di API, l'implementazione tecnica sarà oggetto dell'apposita analisi di dettaglio
VIAP04_RFN002	Orchestrazione del Processo. La necessità di un orchestratore è cruciale per gestire l'intero flusso di lavoro dal momento dell'attivazione del CU fino alla delivery del prodotto di output.	L'orchestratore deve essere in grado di coordinare e monitorare tutte le fasi del processo, gestire le dipendenze, e assicurare che ogni fase sia completata correttamente prima di passare alla successiva.	La soluzione è scalabile orizzontalmente grazie all'architettura a container messa a disposizione del PSN. L'orchestratore sulla base di specifiche metriche provvede a scalare orizzontalmente le istanze applicative bilanciando di conseguenza il carico.
VIAP04_RFN003	Gestione dei Log. Un sistema di gestione dei log robusto è essenziale per tracciare e monitorare le attività del sistema, identificare e risolvere i problemi, e fornire insight sulle performance del sistema. I log dovrebbero essere facilmente accessibili, leggibili e archiviati in modo sicuro per eventuali analisi future.	Servizio per la scrittura dei log per tracciare ogni step applicativo, in modo da poter analizzare eventuali problemi o ricostruire lo storico di determinati processi	Elaborazione di un servizio Java di scrittura dei Log

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
VIAP04_RFN004	Gestione delle Interruzioni. La capacità di gestire interruzioni durante il processo è vitale per assicurare la resilienza del sistema. Questo include la capacità di riprendere da dove si era interrotto in caso di fallimenti, e di notificare agli amministratori o agli utenti le interruzioni e i relativi dettagli.	Servizio per la gestione delle code dei processi, nel caso in cui uno dei processi vada in errore è possibile fare un restart del task dopo aver visualizzato e corretto l'errore	Elaborazione di un servizio o integrazione di piattaforma che consenta la gestione delle code provenienti dalle transazioni multiple, il dettaglio è da definirsi in fase di analisi tecnica di dettaglio
VIAP04_RFN005	Scalabilità. Il sistema deve essere scalabile per gestire un aumento del carico di lavoro o del volume dei dati. Questo può essere realizzato attraverso l'uso di risorse cloud scalabili, bilanciamento del carico, e altre tecniche di ottimizzazione delle performance.	Progettazione dipesa da quanto previsto dalla piattaforma cloud, ad ogni modo l'applicativo verrà ottimizzato per evitare sovraccarichi di sistema	Dipendente da ciò che PSN fornisce, ma con riguardo all'uso ottimizzato delle risorse in modo da non provocare sovraccarichi limitando l'uso delle risorse macchina
VIAP04_RFN006	Manutenibilità. Il sistema deve essere progettato in modo da facilitare la manutenzione, l'aggiornamento e l'evoluzione nel tempo. Questo include una buona documentazione del codice, test automatizzati, e un'architettura modulare.	Elaborazione dei documenti esplicativi del codice, fornitura di test automatizzati sulla qualità del codice (da definire piattaforma di scansione) e codice organizzato e versionato	Elaborazione di documenti descrittivi di dettaglio

### 1.2.3 Vincoli e Limitazioni

La realizzazione dei requisiti funzionali può essere influenzata da una serie di vincoli e limitazioni, tra cui:

- **Accesso ai Sistemi Fornitori di Dati**

- **Indisponibilità dei Sistemi:** la mancanza di accesso ai sistemi che forniscono i dati di input può rappresentare un vincolo significativo. L'indisponibilità può essere causata da interruzioni di rete, manutenzione programmata o non programmata, guasti hardware o software, o altre problematiche tecniche. Questo può ritardare o impedire l'esecuzione di processi cruciali che dipendono da tali dati.
- **Accesso Limitato:** Alcuni sistemi potrebbero avere restrizioni sull'accesso, che possono essere basate su permessi, politiche di sicurezza o accordi contrattuali. Questo può limitare la capacità del sistema di ottenere dati in tempo reale o di accedere a certi tipi di dati.
- **Concorrenza degli Utenti**
- **Accesso Simultaneo:** l'accesso di molti utenti in contemporanea può mettere sotto stress le risorse del sistema, causando rallentamenti o fallimenti. La gestione efficace della concorrenza è cruciale per mantenere alte performance e una buona esperienza utente.
- **Scalabilità:** la capacità del sistema di scalare per gestire picchi di traffico è un vincolo importante. Un sistema che non scala bene sotto carichi elevati può esperire ritardi, errori o interruzioni.
- **Performance e Latenza:** il tempo necessario per processare richieste e fornire risposte può essere influenzato dalla latenza nella rete, nella elaborazione dei dati, o nell'accesso ai sistemi esterni. Performance scadenti possono influenzare negativamente l'usabilità e l'efficacia del sistema.
- **Sicurezza dei Dati:** la protezione dei dati sensibili e la conformità con le leggi e i regolamenti sulla privacy e sulla sicurezza possono imporre vincoli sul modo in cui i dati sono accessibili, gestiti e conservati.
- **Compatibilità e Standard:** la necessità di aderire a standard specifici o di assicurare la compatibilità con altri sistemi può imporre vincoli su come sono implementate certe funzionalità.
- **Documentazione e Formazione:** la mancanza di documentazione adeguata o di formazione può limitare la capacità degli utenti di utilizzare il sistema in modo efficace.

### 1.3 Architettura logico-applicativa del Sistema

Questo paragrafo contiene informazioni relative a specifiche applicative e funzionali del sistema, con l'obiettivo di trasmettere al lettore le logiche applicative del servizio.

#### 1.3.1 Requisiti Non-Funzionali

L'architettura di questo applicativo si basa sui seguenti requisiti non funzionali:

REQUISITO	Descrizione
sicurezza	L'applicazione è soggetta agli standard di sicurezza per l'accesso alle risorse, solo gli utenti che sono in possesso di una utenza correttamente profilata possono accedere all'applicazione e interrogare il sistema. A seguito di una interrogazione l'interazione con i sistemi sottostanti avviene attraverso specifiche API anch'esse protette secondo gli standard di sicurezza dei prodotti di riferimento
scalabilità	La soluzione è scalabile orizzontalmente grazie all'architettura a container messa a disposizione del PSN. L'orchestratore sulla base di specifiche metriche provvede a scalare orizzontalmente le istanze applicative bilanciando di conseguenza il carico

REQUISITO	Descrizione
performance	Il sistema è in grado di elaborare un elevato numero di richieste senza alcun degrado delle prestazioni. Ci sono degli aspetti da considerare in merito l'elaborazione che proviene dall'integrazione dei sistemi esterni che ad oggi non è stimabile in termini di performance in quanto non si conoscono i service level agreement di questi sistemi
scalabilità	I moduli software devono poter essere mandati in esecuzione in parallelo senza causare collisioni di processo o di dati
alta disponibilità	Il deployment dei servizi deve avvenire in continuous delivery o in continuous deployment mantenendo la disponibilità del servizio a front end durante i rilasci
alta disponibilità	I servizi devono garantire auto recovery mantenendo la consistenza dei dati ad ogni riavvio
performance	I tempi di risposta delle request API eseguite da interfaccia webGIS nel caso di funzionamento in modalità sincrona, devono rientrare nei tempi accettabili alle esigenze dell'utente
sicurezza	L'accesso all'interfaccia deve avvenire secondo le regole definite nel documento "classi di utenza" del SIM
interoperabilità	Lo scambio dei dati tra il SIM e gli stakeholder avviene secondo protocolli di interoperabilità definiti negli accordi di servizio tra il MASE e gli stakeholder
microservizi	L'interazione tra i servizi e l'utente può avvenire in modalità sincrona nel momento in cui l'interfaccia utente aspetta l'esito del risultato, tipicamente in questo caso il controllo delle invocazioni delle request e delle relative response sono ad appannaggio del GIS Server. Oppure in modalità asincrona nel momento in cui l'interfaccia utente non attende l'esito del microservizio invocato, ma il risultato viene notificato all'utente tramite messaggio al termine dell'elaborazione. Nella modalità asincrona viene invocato il servizio di elaborazione che, a sua volta invia un messaggio a un message broker per notificare l'esito dell'elaborazione oppure per notificare una situazione di pericolo.
content sharing	I dati prodotti dalle applicazioni del SIM, utili tra diverse applicazioni vengono memorizzate nel repository del SIM a meno di diverse indicazioni degli stakeholder
policy di ingestion	In linea con la definizione di data mesh, i dati degli stakeholder vengono importati nel SIM su aree di storage temporanee solo nel momento in cui servono alla richiesta dell'utente.
logging	I log applicativi devono poter essere accessibili tramite interfaccia unica per facilitare le attività di operation nella ricerca delle cause di errore
logging	I log devono essere categorizzati e ordinabili per priorità (es: FATAL, ERROR, WARNING, ...), ordinabili per data e riconoscibili univocamente
compatibility	L'interfaccia webGIS deve essere compatibile con i browser più utilizzati (Google Chrome, Safari, Microsoft Edge, Firefox, Opera, Internet Explorer)

### 1.3.2 Diagramma Architeturale

L'architettura complessiva di tutta l'applicazione si compone di tre macroaree principali, una rivolta alla user experience, una al reperimento e processazione dei dati e l'ultima rivolta alla presentazione e storicizzazione del dato. L'interoperabilità tra i layer è quella dell'esposizione di API REST.

Partendo dalla prospettiva dell'utente accede attraverso tutti i meccanismi di autenticazione, profilazione e routing alla pagina (portlet) dell'applicazione specifica che viene esposta attraverso la Digital eXperience Platform (1). La portlet specifica racchiude tutti le possibili interazioni e vincoli con il livello sottostante, nonché tutte le librerie necessari per la rappresentazione grafica del dato. L'utente autenticato sceglie attraverso l'interfaccia grafica quale dato e/o modello e tramite il discovery and access broker GEO DAB del SIM Master Catalog la sorgente dati (federata, RdS) (2). Il sistema riconosce se è presente su RdS un dato storicizzato in corso di validità compatibile con la richiesta e lo restituisce all'utente (2b), altrimenti procede come descritto di seguito.

L'invocazione di API di sistemi esterni con risultato sincrono è il caso base dell'architettura in oggetto e garantisce l'elaborazione on demand del dato.

L'invocazione di API di sistemi esterni con risultato asincrono è gestita attraverso un componente applicativo che attraverso logiche di scheduling con cadenza specifica interroga i sistemi, attende l'elaborazione e recupera la risorsa in questione. La risorsa viene posizionata sul filesystem pronta per essere interrogata on demand.

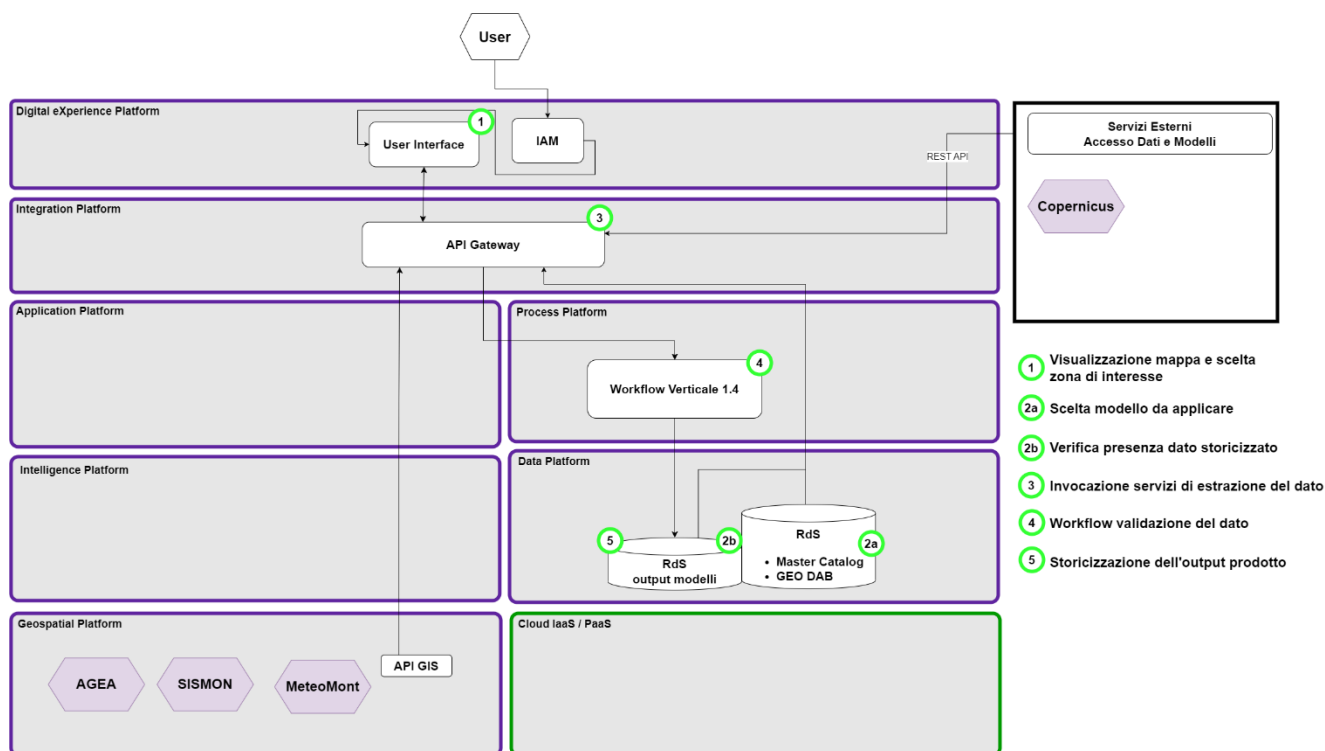
L'architettura in questione è quindi scalabile orizzontalmente in base ai carichi ed espandibile in caso in cui sia necessario integrare nuovi sistemi esterni nelle due modalità previste. Inoltre, il Data Catalog può essere considerato come cache del sistema riducendo i tempi di risposta, i carichi sulle elaborazioni applicative e una maggiore resistenza a eventuali disservizi temporanei.

Si può verificare la coerenza operativa dell'architettura eseguendo dei test di carico stress test con numero crescente di richieste per secondo fino a testare la portata massima dell'architettura e intervenire laddove necessario sulle metriche di scalabilità dell'orchestratore.

La digital experience platform ha come unica interfaccia l'orchestratore applicativo che ha il compito di instradare ed orchestrare i flussi applicativi, nel caso specifico si occupa di invocare i servizi esterni che espongono dati attraverso API pronti all'uso (3) e ritornare all'utente il dato richiesto.

Una volta ritornato il dato all'utente l'orchestratore applicativo attiva attraverso la process platform il workflow di validazione dell'output (4) che a seguito della revisione di un utente abilitato decide se storicizzare il dato prodotto all'interno dell'RdS (5).

Questo processo di storicizzazione è utile a rendere disponibile il dato agli altri applicativi del SIM.



### 1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
Application Platform (DevSecOps)	Pipeline CI/CD Engine	SI	Il codice dei microservizi, degli algoritmi implementati all'interno dell'Intelligence Platform, Geospatial Platform e dell'eXperience Platform (come saranno descritti di seguito) saranno soggetti al deployment del software negli ambienti di collaudo e di produzione.
	Software Forge	SI	Il codice dei microservizi, degli algoritmi implementati

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			all'interno dell'Application Platform saranno soggetti a versionamento. La gestione del versioning, del tracciamento dei problemi, la collaborazione tra gli sviluppatori ha impatti su tutte le piattaforme coinvolte nel disegno architetturale
	Application Defined Storage Engine	NO	
	Service Mesh	SI	È necessario un framework di Service Mesh per semplificare la comunicazione, monitorare e gestire i servizi, avere un'applicazione ad alta affidabilità, e gestire la sicurezza e la resilienza del sistema.
	Observability	SI	Sarà necessario comprendere, misurare e monitorare il comportamento dei sistemi software in esecuzione, in modo da poter diagnosticare problemi, tracciare le

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			prestazioni e ottenere informazioni dettagliate sullo stato del sistema
Process Platform	Business Process Modelling	NO	
	Workflow Engine	SI	L'applicativo utilizza questo servizio per l'esecuzione del workflow del processo di validazione degli output prodotti
	Business Rule Engine	NO	
	Analytics and Reporting	NO	
	Integration and Connectivity	SI	Connettività con componenti interni al SIM tra interfaccia grafica e Process Platform per avviare i controlli e i processi di validazione. Una volta che il processo di validazione è terminato, il workflow gestisce il processo di pubblicazione nel Master Catalog
	Collaboration and Communication tools	NO	
	Security and Access Control	SI	Gestione degli accessi e delle utenze
	Complex Event Processing	NO	
Data Platform	Extract, Transform, Load (ETL) tools	NO	
	Data Modelling tools	NO	
	Business Intelligence tools	NO	
	Metadata Management tools	SI	L'utente usa il Master Catalog



MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			per ricercare i dataset in input e quindi fa uso dei metadati che sono ad essi associati.
	Data Governance tools	SI	Prima di essere utilizzati, i dati di input vengono sottoposti a verifiche e controlli che assicurano la qualità e la conformità dei dati, perché è condizione necessaria per essere censiti nel Master Catalog. Allo stesso tempo i dati di output da censire all'interno del Master Catalog dovranno essere gestiti tramite i tool di Data Governance, per assicurarne la gestione del ciclo di vita, l'aderenza agli standard qualitativi, la corretta indicizzazione, ecc
	Data modeling and Preparation tools	NO	
	Report creation/generation	NO	
	Data Visualization engines	NO	
	Indexing, search	SI	Gli utenti avranno a disposizione funzionalità per

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			ricercare determinati dataset da utilizzare, mediante funzionalità di semantic search.
Intelligence Platform	AI/ML Frameworks catalog	NO	
	AI/ML Flows	NO	
	AI Models Lifecycle Management	NO	
	AI Data Preparation	NO	
	Model Deployment	NO	
	Model Monitoring	NO	
	ML Scaling Framework	NO	
Integration Platform	Integration Flows (Scenarios)	SI	L'applicativo utilizza questo servizio per far comunicare le piattaforme tra loro e con i servizi esterni tramite API.
	Connectors	SI	Vengono predisposti dei connettori per il reperimento dei dati dagli stakeholder
	Data mapping and transformation	SI	Si esegue un controllo sintattico e semantico sui dati letti dagli stakeholder e applicata una prima fase di trasformazione in modo da omogeneizzare i dati in input alle elaborazioni successive
	Integration workflow automation	SI	La connessione e i flussi di dati possono essere

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			gestiti tramite schedulazioni asincrone di processi o tramite generazione di notifiche per istanziare comunicazioni sincrone tra le componenti delle piattaforme
	API management	SI	Si implementa il routing delle richieste API tra le varie componenti delle piattaforme
	API gateway	SI	Viene gestito il routing delle richieste API tra le varie componenti
	Policies, monitoring and analytics	SI	Le richieste API tra le varie component vengono monitorate per analizzarne le performance
	Security and compliance	SI	I dati in transito vengono gestiti secondo criteri di integrità e confidenzialità e l'accesso sicuro ai servizi è garantito tramite token di autenticazione
Digital Experience Platform	Content Management Service	NO	
	Mobile Devices Support	SI	Le mappe di output possono essere

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			consultabili mediante App Mobile dedicata
	Content Personalization	NO	
	Content and Service Analytics	NO	
	Identity Management Support Integration	SI	
	Service Access Policies	NO	
	Single Page Apps	NO	
	Forms	NO	
	Asset Publisher	NO	
	Search	SI	L'applicativo utilizza questo servizio per dare la possibilità all'utente di richiamare da Front End un'API che effettua la ricerca di specifici dataset sul Master Catalog
	Fragments and Pages	NO	
	SEO and Page Analytics	NO	
Geospatial Platform	Data Integration	SI	L'applicativo integra e combina i vari tipi di input in formati differenti
	Remote Sensing	NO	
	GIS base services	SI	L'utente deve avere la possibilità di identificare e selezionare una zona di interesse sui layer dell'interfaccia webGIS predisposti per l'applicativo
	Spatial Analysis	NO	
	Risk Assessment	NO	
	Predictive Modeling	NO	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	Climate Change Analysis	NO	
	Environmental Impact Assessment	NO	
	Reporting and Visualization	NO	
	Historical Data Analysis	SI	Tramite questa capability l'applicativo permette delle analisi grafiche dei dati di serie storiche
	Scenario Planning	NO	

## 1.4 Dati di input

### 1.4.1 Introduzione ai Dati di Input

Il Verticale ha come scopo primario la generazione di mappe tematiche a partire da dati satellitari e ortofoto. Questo si traduce per quanto riguarda il ciclo di vita del dato in alcuni elementi essenziali che si possono ricapitolare con la necessità di avere a disposizione i seguenti dati:

- dati satellitari, prodotti principalmente dai servizi a libero accesso messi a disposizione dalle agenzie governative o intergovernative (nazionali e sovranazionali) che gestiscono le costellazioni di satelliti dedicati all'osservazione civile della superficie terrestre (ad es. ASI, ESA, EUSPA e NASA);
- ortofoto, prodotte anche esse principalmente da agenzie governative a livello nazionale e messe a disposizione tramite servizi a libero accesso su portali pubblici nazionali e regionali.

È utile sottolineare come il servizio farà utilizzo soprattutto dei dati satellitari, in particolare di quelli messi a disposizione da ESA/EUSPA, e che integrerà eventualmente questi dati con quelli di altra origine, comunque citati a seguire per completezza, solo se e quando necessario.

### 1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati

Id	Nome Sorgente Dati	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
VIAP04_DI001	Dati Satellitari "Copernicus"	ESA/EU SPA	Online	dipende dal tempo di rivasatura dei satelliti e dal tempo	API <a href="https://scihub.copernicus.eu/">https://scihub.copernicus.eu/</a>	i dati utilizzati sono ad accesso libero che	Generazione mappe, elaborazione	

				di processam ento del dato grezzo; in media ogni 5 giorni		non prevedon o limiti di utilizzo, sensibilità o riservatez za non essendo dati considera ti sensibili o personali	metadat i ed eventual e integrazi one con informaz ioni specifich e del prodotto consider ato	
VIAP04_ DI002	Dati Satellita ri NASA	NASA	Onlin e	Giornaliera	API <a href="https://data.nasa.gov/browse">https://data.nasa.gov/browse</a>	i dati utilizzati sono ad accesso libero che non prevedon o limiti di utilizzo, sensibilità o riservatez za non essendo dati considera ti sensibili o personali	Generazi one mappe, elaborazi one metadat i ed eventual e integrazi one con informaz ioni specifich e del prodotto consider ato	
VIAP04_ DI003	Dati Satellita ri ASI	ASI	Onlin e	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondi mento di questo aspetto.	API <a href="https://www.asi.it/scienze-della-terra/">https://www.asi.it/scienze-della-terra/</a>	i dati utilizzati sono ad accesso libero che non prevedon o limiti di utilizzo, sensibilità o riservatez za non essendo dati	Generazi one mappe, elaborazi one metadat i ed eventual e integrazi one con informaz ioni specifich e del	

						considera ti sensibili o personali	prodotto consider ato	
VIAP04_ DI004	Ortofoto	AGEA	Onlin e	Annuale	WMS AGEA, Sito dei geo-portali regionali/nazionali	i dati utilizzati sono ad accesso libero che non prevedon o limiti di utilizzo, sensibilità o riservatez za non essendo dati considera ti sensibili o personali	Generazi one mappe, elaborazi one metadat i ed eventual e integrazi one con informaz ioni specifiche e del prodotto consider ato	
VIAP04_ DI005	Dati nivomet rici	NEVEM ONT	Onlin e	Giornaliera, ove presente un sistema di monitoraggi o ad-hoc	API Sito dei geo- portali regionali/nazionali	i dati utilizzati sono ad accesso libero che non prevedon o limiti di utilizzo, sensibilità o riservatez za non essendo dati considera ti sensibili o personali	Eventual e integrazi one informaz ioni specifiche e contenut e nel dataset	
VIAP04_ DI006	Dati COSMO – SkyMed	ASI	Onlin e	Variabile. Dipende dalla disponibilità del dato	FTP	i dati utilizzati sono ad accesso libero che non	Generazi one dei prodotti InSAR di deforma	

				negli archivi.		prevedon o limiti di utilizzo, sensibilità o riservatez za non essendo dati considera ti sensibili o personali	zione del suolo	
VIAP04_ DI007	Dati SAOCO M	ASI	Onlin e	Variabile. Dipende dalla disponibilità del dato negli archivi.		i dati utilizzati sono ad accesso libero che non prevedon o limiti di utilizzo, sensibilità o riservatez za non essendo dati considera ti sensibili o personali	Generazi one dei prodotti InSAR di deforma zione del suolo	
VIAP04_ DI008	Dati GNSS	ASI	Onlin e	Giornaliera		i dati utilizzati sono ad accesso libero che non prevedon o limiti di utilizzo, sensibilità o riservatez za non essendo dati considera	Calibrazi one dei prodotti InSAR	



						ti sensibili o personali		
VIAP04_ DI09	Copernicus Corine Land Cover	ESA/EU SPA	Online	Ogni 6 anni	WMS/API <a href="https://sdi.eea.europa.eu/">https://sdi.eea.europa.eu/</a>	i dati utilizzati sono ad accesso libero che non prevedono limiti di utilizzo, sensibilità o riservatezza non essendo dati considerati sensibili o personali	Controllo di qualità dei prodotti InSAR	

#### 1.4.3 Specifiche di contenuto

ID	Specifiche di contenuto
VIAP04_DI001	<p>I dati copernicus Sentinel 1A in ingresso agli algoritmi di processing per le analisi di interferometria SAR e la creazione di mappe di deformazione sono dati acquisiti in modalità Interferometric Wide (IW) Swath, che Acquisisce dati con una banda di 250 km.</p> <p>Il sensore copernicus Sentinel 1A acquisisce immagini in banda C, in geometria ascendente e discendente, looking side destro. Le immagini SAR di Sentinel 1A utilizzate in ingresso agli algoritmi di Interferometria SAR hanno una risoluzione spaziale di 5 x 20 m (single look complex, SLC). I prodotti IW SLC contengono un'immagine per sotto-swath e una per canale di polarizzazione, per un totale di tre (polarizzazione singola). Le Immagini sono focalizzate e fornite in proiezione slant range e formato SAFE.</p>
VIAP04_DI002	<p>I satelliti della NASA forniscono dati dettagliati su una vasta gamma di fenomeni, inclusi cambiamenti climatici, composizione atmosferica, eventi meteorologici estremi e processi geologici. Attraverso tecnologie avanzate, come sensori multispettrali e radar, la NASA raccoglie informazioni precise utili per la comprensione scientifica dei sistemi terrestri.</p> <p>Questi dati supportano la ricerca scientifica, la gestione delle risorse naturali, la previsione meteorologica, la comprensione dei fenomeni climatici globali e le esplorazioni spaziali.</p>

ID	Specifiche di contenuto
	Il DEM (Digital Elevation Model) SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), in particolare, ha fornito uno dei dataset più completi e accurati di altimetria globale.
VIAP04_ DI003	<p>L'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), istituita nel 1988, è un ente pubblico nazionale con il compito di preparare e attuare la politica spaziale italiana in accordo con le linee guida del Governo.</p> <p>L'Agenzia si è affermata come uno dei più importanti attori mondiali sulla scena della scienza spaziale, delle tecnologie satellitari, dello sviluppo di mezzi per raggiungere ed esplorare il cosmo. I suoi prodotti di punta sono quelli delle missioni satellitari Cosmo-SkyMed e PRISMA.</p> <p>PRISMA, dotato di sensori ottici, offre immagini ad alta risoluzione per applicazioni quali la cartografia, l'agricoltura e la gestione delle risorse naturali. Cosmo-SkyMed, con la sua capacità di fornire immagini SAR ad alta risoluzione, fornisce dati cruciali per il monitoraggio ambientale, la gestione delle emergenze e la sicurezza.</p>
VIAP04_ DI004	<p>Un'ortofoto è un'immagine aerea o satellitare corretta geometricamente per rimuovere le distorsioni causate dalla prospettiva, deformazioni del terreno e inclinazione del sensore che acquisisce l'immagine. Questa correzione consente di rappresentare la superficie terrestre in modo accurato, come se fosse vista direttamente dall'alto, senza gli effetti prospettici tipici delle fotografie convenzionali.</p> <p>Le ortofoto sono ampiamente utilizzate in cartografia, pianificazione territoriale e gestione delle risorse naturali. Forniscono una rappresentazione dettagliata del territorio, consentendo misurazioni precise di distanze e aree. La correzione geometrica rende le ortofoto strumenti essenziali per l'analisi del territorio, la creazione di mappe precise e il supporto decisionale in vari settori.</p>
VIAP04_ DI005	I dati nivometrici si riferiscono alle informazioni e alle misurazioni relative alle condizioni della neve in una determinata area geografica. Questi dati sono raccolti attraverso diverse tecniche di monitoraggio, e forniscono informazioni importanti sulla quantità, distribuzione e caratteristiche della neve.
VIAP04_ DI006	<p>I dati COSMO-SkyMed in ingresso agli algoritmi di processing per le analisi di interferometria SAR e la creazione di mappe di deformazione sono dati ad alta risoluzione (banda X) SLC (Single Look Complex) acquisiti in modalità stripmap. Hanno risoluzione nominale di 3m; polarizzazione singola; geometrie di acquisizione ascendente e discendente; Looking Side Destro.</p> <p>Il livello di processing di questi dati di input è il livello 1A (Single Look Complex Slant), ovvero i dati sono già focalizzati e calibrati, e vengono forniti senza georeferenziazione, in proiezione slant range zero doppler.</p> <p>I dati vengono forniti in formato HDF5 e sono associati a informazioni ancillari anche in formato xml e pdf.</p>
VIAP04_ DI007	I dati SAOCOM in ingresso agli algoritmi di processing per le analisi di interferometria SAR e la creazione di mappe di deformazione sono dati L1A – SLC (Single Look Complex) forniti in proiezione slant range, già focalizzati. Sono acquisiti in banda L, in polarizzazione singola, in geometria ascendente e discendente e

ID	Specifiche di contenuto
	looking side destro. Hanno risoluzione dipendente dalla modalità di acquisizione: Stripmap (10m); Topsar (30–100m)
VIAP04_ DI008	<p>La Rete GNSS Permanente EUREF è composta da una serie di stazioni di riferimento GNSS (Global Navigation Satellite Systems, come GPS, GLONASS, Galileo, Beidou, ...) operative in modo continuo, centri dati che forniscono accesso ai dati delle stazioni, centri di analisi che elaborano i dati GNSS, centri prodotto o coordinatori che generano i prodotti EPN, e un Ufficio Centrale responsabile del monitoraggio quotidiano e della gestione dell'EPN.</p> <p>La principale finalità dell'EPN è fornire accesso al Sistema di Riferimento Terrestre Europeo 89 (ETRS89), che costituisce lo standard preciso di coordinate GNSS in Europa. Sostenuto da EuroGeographics e approvato da INSPIRE (Data Specification on Coordinate Reference Systems), l'ETRS89 costituisce la base per i dati di geolocalizzazione sul territorio europeo, sia a livello nazionale che internazionale. L'EPN offre accesso all'ETRS89 mettendo a disposizione pubblica i dati di tracciamento GNSS, nonché le posizioni precise, velocità e parametri troposferici di tutte le stazioni EPN. Sulla base di questi prodotti, l'EPN contribuisce anche al monitoraggio delle deformazioni tettoniche in Europa e supporta il monitoraggio climatico a lungo termine, le previsioni meteorologiche numeriche e il monitoraggio delle variazioni del livello del mare. Nel caso delle analisi di interferometria SAR per la realizzazione di mappe di deformazione superficiale, i prodotti derivati dai dati GNSS vengono utilizzati per la calibrazione dei risultati e per ottenere informazioni sulle deformazioni a larga scala che l'interferometria SAR non può ottenere.</p>
VIAP04_ DI09	<p>Il Corine Land Cover (CLC) 2018 è un dataset prodotto nell'ambito del monitoraggio della copertura e uso del suolo del programma Copernicus. Il Corine Land Cover (CLC) fornisce informazioni sulla copertura del suolo a livello europeo. Il progetto è iniziato nel 1985 (l'anno di riferimento è il 1990) e fornisce una serie storica di informazioni sulla copertura ed uso del suolo. I prodotti del CLC sono basati sulla fotointerpretazione di immagini satellitari realizzata dai team nazionali degli Stati che vi partecipano (Stati membri dell'Unione Europea e Stati che cooperano), seguendo una metodologia e una nomenclatura standard. Le informazioni di copertura ed uso del suolo (LCLU) sono importanti non solo per il monitoraggio dei cambiamenti nel campo della ricerca ma anche più in generale per il monitoraggio dello stato dell'ambiente, per il supporto alle politiche, la creazione di indicatori ambientali e le attività di reporting. Nel caso delle analisi di interferometria SAR per la realizzazione di mappe di deformazione superficiale, il Corine Land Cover viene utilizzato per effettuare controlli di qualità mirati soprattutto alle verifiche di densità e copertura delle misure di deformazione nei risultati finali delle analisi.</p>

## 1.5 Sistemi federati

### 1.5.1 Introduzione ai Sistemi Federati

Un sistema federato un'architettura che collega più sistemi eterogenei, che possono essere distribuiti su reti diversi, garantendone la interoperabilità.

Nel caso specifico del SIM si intendono per sistema federati tutti quei servizi che attraverso API o altri protocolli sono utilizzati per fornire dati o servizi al sistema.

In questo particolare applicativo si è deciso di usare dove possibile i sistemi federati non come fornitori di dati ma come fornitori di servizi relativi alla generazione di mappe tematiche dall'elaborazione di dati satellitari.

### 1.5.2 Elenco dei Sistemi Federati

I Sistemi federati che forniscono dati di utilità per questo applicativo verticale sono tutte le catene modellistiche degli enti regionali e nazionali che condivideranno la previsione meteorologica nel portale.

ID	Nome Sistema Federato	Descrizione Sis Fed	Proprietà del servizio (owner)	Modalità di Interazione	Caratteristiche che Sensibilità Servizio
VI_AP04_SF001	AGEA	Ortofoto	AGEA	Le informazioni sono fornite da un ente privato, ponendo in essere un accordo con quest'ultimo da parte del progetto e la licenza per l'accesso a queste informazioni deve essere gestita a livello di progetto / sistema. Le modalità di interazione vengono fornite direttamente da AGEA (ad es. API)	I dati usati per questo applicativo non presentano caratteristiche di sensibilità e riservatezza ma sono private nel senso che vengono fornite sotto licenza da un ente privato.
VI_AP04_SF002	Copernicus	Copernicus adotta standard e formati comuni per i dati e le informazioni, il che facilita l'interscambio di informazioni	ESA	API <a href="https://documentation.dataspace.copernicus.eu/APIs.html">https://documentation.dataspace.copernicus.eu/APIs.html</a>	I dati usati per questo applicativo non presentano caratteristiche di sensibilità e riservatezza in quanto accessibili direttamente

ID	Nome Sistema Federato	Descrizione Sis Fed	Proprietà del servizio (owner)	Modalità di Interazione	Caratteristiche Sensibilità Servizio
		<p>i tra diverse piattaforme e sistemi, servizi e applicazioni personalizzate. Inoltre, offre servizi che possono essere adattati e personalizzati per soddisfare le esigenze specifiche degli utenti e delle organizzazioni. Ciò consente agli utenti di integrare i dati Copernicus nelle proprie applicazioni e processi.</p>			<p>e dal portale del fornitore previa registrazione.</p>

## 1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli

Per l'implementazione delle funzionalità e dei servizi del Verticale in oggetto, è necessario fare un utilizzo sistematico di algoritmi dedicati all'elaborazione delle immagini satellitari. Questo consente di generare mappe e di estrarre le informazioni complementari disponibili grazie all'elaborazione di suddette immagini.

Non si prevede di fare uso di modelli cosiddetti “physics-based” ma solo di algoritmi specifici per conseguire questi scopi.

Si farà uso di almeno un algoritmo specifico per ciascuna delle mappe (e funzionalità) dell'applicativo che rappresentano l'output dei servizi ad esso associati. In particolare:

- Snow Water Equivalent;
- Mappe di copertura nivale;
- Mappe post evento;
- Carta copertura del suolo;
- Mappe di umidità del suolo;
- Mappe di deformazione superficiale da InSAR.

#### 1.6.1 Introduzione e Panorama Generale

Nel caso dei servizi messi a disposizione dal SIM, viene rilevato come questi facciano uso di algoritmi dedicati (e necessari) per l'elaborazione delle mappe. Gli algoritmi presentati sono assolutamente necessari e presupposti per l'elaborazione dei dati ricevuti in input e base fondamentale per la generazione delle mappe.

Il processo di elaborazione dei dati che ha come punto nevralgico l'esecuzione dei processi identificati dagli algoritmi, si compone in modo pressoché uniforme per tutti gli output previsti con la seguente catena operativa:

- Data Ingestion, o reperimento e pulizia dei dati dalle fonti segnalate;
- Data Laking, messa a disposizione dei dati pronti per l'elaborazione in risorse di persistenza adeguate alle necessità tecniche di elaborazione;
- Data Elaboration, esecuzione degli algoritmi di elaborazione dei dati per la generazione delle nuove informazioni richieste.

Il processo presuppone diversi passaggi volti a estrarre dati dalle fonti disponibili, a trasformare i dati in una risorsa utilizzabile e affidabile, tramite operazioni di pulizia, normalizzazione e standardizzazione, e caricare i dati nei sistemi cui le risorse di elaborazione possano accedere per eseguire gli algoritmi di produzione delle nuove informazioni, in questo caso di generazione delle mappe tematiche.

Per queste garantire la corretta ed ordinata esecuzione di queste operazioni vengono implementate cosiddette pipeline ETL. Le pipeline di dati sono un insieme di strumenti e attività per spostare i dati da un sistema con il relativo metodo di archiviazione ed elaborazione dei dati a un altro sistema in cui possono essere archiviati e gestiti in modo diverso. Inoltre, le pipeline consentono di ottenere automaticamente informazioni da molte fonti disparate, per poi trasformarle e consolidarle in un unico archivio dati ad alte prestazioni. Per ETL (acronimo di “Extract-Transform-Load”) si intende il processo utilizzato dai data engineer per estrarre dati da diverse fonti, trasformare i dati in una risorsa utilizzabile e affidabile e caricare i dati nei sistemi a cui utenti finali o sistemi automatici

possono accedere e utilizzare a valle per risolvere lo specifico task che gestiscono. Esattamente quello che viene fatto coi dati all'interno del Verticale 4 prima che passino nelle due fasi conclusive necessarie alla produzione di nuova conoscenza, ossia l'elaborazione da parte degli algoritmi di generazione mappa e il salvataggio (o messa a disposizione) di queste mappe.

### 1.6.2 Criteri di Selezione

Tutti gli algoritmi sono stati scelti sulla base della loro affidabilità in base alla letteratura scientifica a testimonianza della loro qualità e sulla base della loro documentazione da parte delle fonti, dove autorevoli (ad es. ESA).

Inoltre, avendo lunga e provata esperienza nell'uso dei suddetti algoritmi (o di algoritmi simili) nell'elaborazione di immagini satellitari, è parso opportuno per ragioni di velocizzazione e ottimizzazione dei tempi di implementazione procedere con la loro individuazione e il loro utilizzo.

### 1.6.3 Tipologie di Funzioni Applicative

In questa sezione viene riportato in modo sintetico l'insieme di algoritmi e modelli che vengono presi in considerazione nell'implementazione e nel funzionamento del Verticale 4. Come già accennato, non si prevede a priori l'utilizzo di modelli ma solo di algoritmi per l'elaborazione dei dati satellitari e la creazione delle mappe previste.

Mappa	Descrizione	Algoritmo
Snow Water Equivalent	L'algoritmo è necessario per estrarre dai dati satellitari, eventualmente combinate con dati provenienti da altre fonti come misurazioni su campo, le informazioni utili necessari per generare le mappe "Snow Water Equivalent".	<a href="#">Algoritmo Servizi Copernicus</a>
Mappe di copertura nivale	L'algoritmo è necessario per estrarre dai dati satellitari, eventualmente combinate con dati provenienti da altre fonti come misurazioni su campo, le informazioni utili necessari per generare le mappe "Snow Cover Extent".	<a href="#">Algoritmi Servizi Copernicus</a>
Mappe post evento	L'algoritmo è necessario per analizzare tramite tecniche differenziali diverse immagini satellitari che si riferiscono alla stessa area ma	<a href="https://emergency.copernicus.eu/mapping/ems/online-manual-rapid-mapping-products">https://emergency.copernicus.eu/mapping/ems/online-manual-rapid-mapping-products</a>

Mappa	Descrizione	Algoritmo
	timestamp differenti al fine di investigare e quantificare i cambiamenti che un dato evento (da definire) ha apportato sul territorio	
Carta copertura del suolo	L'algoritmo è necessario per estrarre dai dati satellitari, eventualmente combinate con dati provenienti da altre fonti come misurazioni su campo, le informazioni utili (metadati in formato GEO-tiff) necessari per generare le mappe "Land Cover".	<a href="#">Algoritmo Copernicus Land Cover</a>
Mappa dell'umidità del suolo	L'algoritmo è necessario per estrarre dai dati satellitari, eventualmente combinate con dati provenienti da altre fonti come misurazioni su campo, le informazioni utili (metadati in formato GEO-tiff) necessari per generare le mappe "Soil Water Index".	<a href="#">Algoritmo Copernicus Soil Moisture</a>
Mappe di deformazione superficiale da InSAR	L'algoritmo estrae misure di deformazione del suolo e modelli digitali del terreno con alta accuratezza; genera mappe di deformazione del suolo e può identificare aree continue (clusters) di processi di deformazione omogenea	Algoritmo Copernicus European Ground Motion Service per mappe di deformazione del suolo
Mappe delle anomalie nelle serie storiche di	L'algoritmo analizza i dati InSAR ed estrae informazioni sulle anomalie nelle serie storiche di deformazione.	



Mappa	Descrizione	Algoritmo
deformazione superficiale InSAR		

La descrizione degli algoritmi e dei loro dettagli è demandata alla sezione successiva.

#### 1.6.4 Dettagli sugli Algoritmi

Di seguito sono riportati i dettagli degli algoritmi usati dai sistemi federati o implementati nell'applicativo.

ALGORITMI	
<b>Nome</b>	CGLOPS2_PUM_SWE-NH-5km
<b>Descrizione</b>	L'algoritmo si basa sulla metodologia di recupero di Pulliainen (2006), perfezionata e descritta in dettaglio da Takala et al. (2011). Le informazioni estratte sono completate con quelle sull'estensione della neve informazioni provenienti da dati satellitari ottici a una risoluzione moderata (risoluzione spaziale di ~ 5 km). Le stime SWE sono integrate con stime derivate statisticamente.
<b>Passaggi Chiave</b>	Ad alto livello, l'algoritmo prevede che la metodologia di recupero combini i dati satellitari con quelli delle stazioni meteorologiche per generare stime "Snow Water Equivalent" su scala emisferica, sfruttando un modello di emissione di neve, suggerito dal fornitore dei dati, per determinare una stima dei valori puntuali di "Snow Water Equivalent". La stima "Snow Water Equivalent" (dai dati satellitari) è combinata tramite assimilazione bayesiana con quella interpolata (dai dati della stazione meteorologica) per determinare una stima "Snow Water Equivalent" di massima verosimiglianza per ciascuna cella della griglia (ossia l'immagine) a risoluzione grossolana. Le stime SWE non sono determinate per montagne, ghiacciai o calotte glaciali.
<b>Input</b>	I principali parametri input dell'algoritmo sono costituiti dalle osservazioni sinottiche di "Snow Depth" (SD) e dalle temperature di luminosità passiva rilevata da SSMI/S (ecoscandaglio microonde).
<b>Output</b>	L'output dell'algoritmo consiste in un file giornaliero (in formato NETCDF CF / GeoTIFF) contenente la stima in millimetri di "Snow Water Equivalent" e la deviazione standard per queste stime.
<b>Complessità Computazionale</b>	O (1)
<b>Utilizzo</b>	L'algoritmo verrà implementato ad hoc nel caso in cui prodotti già esistenti non siano conformi ai requisiti del sistema; verrà eseguito all'interno della pipeline costruita per il Verticale in modo da generare le informazioni necessarie alla creazione della mappa.
<b>Grado di Maturità</b>	

## ALGORITMI

L'algoritmo è correntemente usato e documentato da parte di ESA/EUSPA, comprese alcune limitazioni relative all'efficienza in determinate condizioni

### Riferimenti

[https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS2\\_ATBD\\_SWE-NH-5km-V1\\_11.01.pdf](https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS2_ATBD_SWE-NH-5km-V1_11.01.pdf)

### Nome

CGLOPS1\_PUM\_LC100

### Descrizione

L'algoritmo si basa sull'accesso ai dati satellitari ottici a media risoluzione da Terra MODIS (ossia, l'imaging a risoluzione moderata dello spettroradiometro) per la stima dell'estensione del manto nevoso, "Snow Cover Extent". L'algoritmo fornisce informazioni sulla frazione di manto nevoso al suolo (anche nelle aree boschive) per pixel in percentuale (0% – 100%) e si estende da 72°N/11°W a 35°N/50°E con una dimensione in pixel di 0,005° x 0,005° (circa 500 m x 500 m).

### Passaggi Chiave

Ad alto livello, l'algoritmo di generazione delle informazioni di "Snow Cover Extent" si basa su un approccio a due fasi: viene effettuata una pre-classificazione utilizzando il cosiddetto "Normalized Difference Snow Index" (NDSI), che tiene conto della diversa riflettività della neve e di altre superfici nelle lunghezze d'onda del visibile e del medio infrarosso (cfr. Crane e Anderson 1984, Hall et al. 2002). In seconda battuta, i risultati della pre-classificazione vengono combinati con un valore soglia applicato alla temperatura di luminosità dei dati della banda termica infrarossa. L'ultimo passaggio prevede che ai pixel identificati come potenzialmente coperti di neve, già calcolati dalla pre-classificazione di cui sopra, detta SCAMod (Metsämäki et al. 2005, 2012), venga applicato un algoritmo per generare il dato di copertura nevosa frazionata.

### Input

L'algoritmo utilizza in input i dati satellitari ottici che forniscono una copertura operativa completa quasi in tempo reale consentendo la mappatura della neve asciutta e bagnata con una dimensione pixel di 500 m. Se sono disponibili, questi dati vengono integrati da altri raccolti da altri elementi della strumentazione satellitare.

### Output

L'output dell'algoritmo consiste in un file giornaliero (in formato NETCDF CF / GeoTIFF) contenente la stima in metri di "Snow Cover Extent".

### Complessità Computazionale

O (1)

### Utilizzo

## ALGORITMI

L'algoritmo verrà implementato ad hoc nel caso in cui prodotti già esistenti non siano conformi ai requisiti del sistema; verrà eseguito all'interno della pipeline costruita per il Verticale in modo da generare le informazioni necessarie alla creazione della mappa.

### Grado di Maturità

L'algoritmo è correntemente usato e documentato da parte di ESA/EUSPA, comprese alcune limitazioni relative all'efficienza in determinate condizioni

### Riferimenti

[https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS2\\_ATBD\\_SCE500-CEURO-500m-V1\\_IL02.pdf](https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS2_ATBD_SCE500-CEURO-500m-V1_IL02.pdf)

### Nome

Mappa post evento

### Descrizione

Al verificarsi di eventi particolarmente intensi o eventi che provocano danni o significative mutazioni del territorio regionale, e per una maggiore comprensione degli eventi stessi, vengono elaborate delle mappe che rappresentano il più chiaramente possibile l'evoluzione dei fenomeni occorsi. In particolare, mappe post-evento sono mappe generate con tecniche differenziali o interferometriche che mostrano la deformazione puntuale delle grandezze rappresentate in due epoche di acquisizione che si riferiscono a prima e dopo il fenomeno in esame.

In ambito dell'applicativo, prevediamo di dare la possibilità di generare mappe post-evento per i seguenti fenomeni:

- frana o uno spostamento significativo di una porzione dell'area di interesse selezionata;
- terremoti;
- eventi climatici estremi, e.g. estate con valori di temperatura fuori dalla norma;
- alluvioni.

### Passaggi Chiave

Da verificare se usare il servizio Copernicus.

### Input

Da verificare se usare il servizio Copernicus.

### Output

Da verificare se usare il servizio Copernicus.

### Complessità Computazionale

Da verificare se usare il servizio Copernicus.

### Utilizzo

L'algoritmo verrà implementato ad hoc nel caso in cui prodotti già esistenti non siano conformi ai requisiti del sistema; verrà eseguito all'interno della pipeline costruita per il Verticale in modo da generare le informazioni necessarie alla creazione della mappa.

### Grado di Maturità

Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto.

### Riferimenti

## ALGORITMI

<https://emergency.copernicus.eu/mapping/ems/rapid-mapping-portfolio>

### Nome

CGLOPS1\_PUM\_LC100

### Descrizione

L'algoritmo vuole sfruttare a serie di analisi bio- e geo-fisiche disponibili grazie a dati satellitari di osservazione della Terra. In particolare, si fa riferimento a quelle osservazioni (dati) che descrivono lo stato e l'evoluzione della superficie terrestre su scala globale, ovvero Leaf Area Index (LAI), la frazione della radiazione fotosinteticamente attiva assorbita (FAPAR), la temperatura della superficie terrestre, l'umidità del suolo e altri indici di vegetazione con un intervallo orario fino a 10 giorni. L'algoritmo vuole fornire un'informazione dinamica della copertura del suolo con una risoluzione spaziale di 100 m

### Passaggi Chiave

L'algoritmo produce le informazioni necessarie a generare la mappa della Copertura del suolo combinando diverse tecniche attraverso una serie di passaggi consecutivi che possono essere sintetizzati come: 1) pre-elaborazione dei dati includendo correzioni atmosferiche e geometriche; 2) pulizia dei dati tramite maschere di stato specifiche del sensore e rilevamento di valori temporali anomali; 3) applicazione di tecniche di fusione multilivello dei dati; 4) classificazione supervisionata; 5) eventuale inclusione di dati di terze parti; 6) pulizia serie temporali tramite metodi di analisi di rilevamento della rottura delle tendenze. Il flusso di lavoro descritto può essere suddiviso in due parti principali: la prima, consistente nella generazione di dati temporali tramite classificazione e copertura delle frazioni di strati pre-prodotti per i singoli intervalli di riferimento, e la seconda, ossia la post-elaborazione dei dati temporali per generare informazioni utili alla creazione di mappe, di copertura del suolo e strati di frazioni di copertura, coerenti.

### Input

L'algoritmo utilizza in input i dati satellitari cosiddetti PROBA-V UTM Analysis Ready Data (ARD). Se sono disponibili, questi dati vengono integrati da altri raccolti da altri elementi della strumentazione satellitare. La copertura temporale dei dati in output copre l'intervallo di un anno ma ha bisogno di tre anni di dati come input per ciascuna mappa. I dati citati come PROBA-V UTM ARD prendono in considerazione la superficie di sintesi quotidiana multispettrale PROBA-V e i cosiddetti dati di riflettanza Top Of Canopy (TOC). La distanza di 100 m viene utilizzata come dato primario di osservazione della Terra e i dati di riflettanza superficiale di sintesi giornaliera multispettrale PROBA-V UTM a 300 m come dati secondari.

### Output

L'output dell'algoritmo consiste in un file giornaliero (in formato NETCDF CF / GeoTIFF) contenente la stima di "Land Cover".

### Complessità Computazionale

O (1)

### Utilizzo

L'algoritmo verrà implementato ad hoc nel caso in cui prodotti già esistenti non siano conformi ai requisiti del sistema; verrà eseguito all'interno della pipeline costruita per il Verticale in modo da generare le informazioni necessarie alla creazione della mappa.

### Grado di Maturità

## ALGORITMI

L'algoritmo è correntemente usato e documentato da parte di ESA/EUSPA, comprese alcune limitazioni relative all'efficienza in determinate condizioni

### Riferimenti

[https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1\\_ATBD\\_LC100V3\\_I3.4.pdf](https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_ATBD_LC100V3_I3.4.pdf)

### Nome

CGLOPS1\_ATBD\_SWI1km

### Descrizione

L'algoritmo calcola l'indice dell'acqua del suolo a 1 km e descrive il contenuto di acqua nel suolo su un campionamento spaziale di 1 km appunto. Tramite l'algoritmo in oggetto, questo indice viene derivato utilizzando un approccio di fusione dei dati utilizzando le informazioni raccolte da radar a microonde osservati da satelliti dotati di sensori satellitari CSAR, denominati SCATSAR (Scatterometer-Synthetic Aperture Radar).

### Passaggi Chiave

L'algoritmo produce le informazioni necessarie a generare la mappa di Umidità del suolo combinando due diverse elaborazioni dei dati satellitari, ossia le cosiddette SAR SS e SCAT SSM, attraverso una serie di passaggi consecutivi che possono essere sintetizzati come: 1) generazione dei parametri; 2) data fusion; 3) recupero valori combinati in algoritmo dati secondo l'algoritmo SCATSAR-SWI. In ciascuno di questi passaggi sono racchiusi una serie di processi intermedi di elaborazione dei dati in input.

### Input

L'algoritmo utilizza in input i dati satellitari cosiddetti SAR ad alta risoluzione sull'umidità superficiale del suolo (SSM) e li combina con i dati SSM raccolti tramite scatterometro.

### Output

L'output dell'algoritmo consiste in un file giornaliero (in formato NETCDF CF / GeoTIFF) contenente la stima di "Soil Moisture".

### Complessità Computazionale

O (1)

### Utilizzo

L'algoritmo verrà implementato ad hoc nel caso in cui prodotti già esistenti non siano conformi ai requisiti del sistema; verrà eseguito all'interno della pipeline costruita per il Verticale in modo da generare le informazioni necessarie alla creazione della mappa.

### Grado di Maturità

L'algoritmo è correntemente usato e documentato da parte di ESA/EUSPA, comprese alcune limitazioni relative all'efficienza in determinate condizioni

### Riferimenti

[https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1\\_ATBD\\_SWI1km-V1\\_IL30.pdf](https://land.copernicus.eu/global/sites/cgls.vito.be/files/products/CGLOPS1_ATBD_SWI1km-V1_IL30.pdf)

## ALGORITMI

### Nome

Multitemporal SAR Interferometry

### Descrizione

L'algoritmo estrae informazioni sulla deformazione superficiale in atto nel periodo di analisi dagli interferogrammi (immagini di fase interferometrica) prodotti a partire dalle immagini SAR. La fase interferometrica  $\phi$ , a valle della rimozione approssimata del contributo topografico (tramite un DEM a bassa risoluzione o il geoide), può essere espressa come:

$$\phi = 4\pi \lambda \delta + cq h + \phi a + \phi n$$

dove con  $\lambda$  indichiamo la lunghezza d'onda del segnale radar, con  $\delta$  lo spostamento del target avvenuto tra le due acquisizioni, con  $cq$  un coefficiente correlato alla differenza tra le due geometrie di acquisizione, con  $h$  l'elevazione residua del target (cioè la correzione alla quota approssimata usata per la rimozione del contributo topografico), con  $\phi a$  il ritardo di fase associato ai cambiamenti delle condizioni atmosferiche tra una acquisizione e l'altra e con  $\phi n$  il rumore nella misura di fase. Tramite l'interferometria SAR si riescono ad ottenere misure affidabili solo su un sottoinsieme di punti sparsi all'interno della scena osservata. Questi punti, chiamati Persistent Scatterers (PS), sono identificati in fase di elaborazione e corrispondono ad oggetti a terra che retrodiffrangono segnali coerenti nel tempo dal punto di vista elettromagnetico. I PS si distribuiscono normalmente in zone non coltivate, scarsamente vegetate (suolo nudo o prati) ed urbanizzate. In particolare, si addensano in corrispondenza di strutture artificiali o naturali, come edifici, rocce, ecc.

### Passaggi Chiave

1. Import del dato satellitare: gestione dei dati ancillari e conversione del dato SAR in un formato compatibile.
2. Coregistrazione: 'allineamento' delle diverse acquisizioni SAR (minimo 2) su uno stesso grigliato di linee e colonne.
3. Generazione degli interferogrammi: produzione delle immagini di differenza di fase.
4. Selezione dei PS: selezione dei punti più coerenti all'interno del grigliato comune.
5. Stima di un modello di deformazione: estrazione dei parametri del modello polinomiale che meglio approssima le deformazioni.
6. Phase unwrapping: risoluzione dell'ambiguità di fase.
7. Filtraggio degli artefatti orbitali e atmosferici, e del rumore.
8. Derivazione delle componenti verticale ed Est-Ovest delle deformazioni (nel caso di elaborazioni in doppia geometria di acquisizione).

### Input

Immagini SAR SLC (Single Look Complex) con dati ancillari; DEM; uso del suolo; stazioni permanenti GNSS

### Output

Files binari o ESRI ShapeFiles di punti PS con database di informazioni sulle posizioni e serie storiche di deformazione nel periodo di analisi.

### Complessità Computazionale

...

### Utilizzo

L'algoritmo verrà implementato ad hoc nel caso in cui prodotti già esistenti non siano conformi ai requisiti del sistema; verrà eseguito all'interno della pipeline costruita per il Verticale in modo da generare le informazioni necessarie alla creazione della mappa.

#### ALGORITMI

##### Grado di Maturità

...

##### Riferimenti

M. Costantini, T. Chen, Y. Xu, F. Trillo, F. Vecchioli, L. Kong, D. Jiang, Q. Hu (2011), High resolution ground deformations monitoring by COSMO-SkyMed PSP SAR interferometry: accuracy analysis and validation, in Proceedings of the ESA International Fringe 2011 Workshop, Frascati, Italy, Sept. 2011.

#### 1.6.5 Dettagli sui Modelli

Non vengono usati specifici modelli.

#### 1.6.6 Interazione tra Algoritmi e Modelli

Non vengono usati specifici modelli.

#### 1.6.7 Analisi della Complessità Computazionale

Come si evince dai capitoli precedenti, la complessità specifica dei singoli algoritmi non si presenta come critica, tuttavia, la mole di dati da analizzare presuppone una disponibilità di risorse di persistenza a rapido accesso e di risorse di calcolo di non trascurabile importanza. A fronte di queste considerazioni, vale la pena sottolineare che è opportuno considerare che ci sia appunto da sostenere uno sforzo computazionale e di persistenza importante che può provocare un allungamento dei tempi di esecuzione non solo degli algoritmi ma delle pipeline nel loro insieme al crescere della mole di dati da processare. Tale inconveniente è riducibile mediante numerose strategie, compresa l'adozione di tecniche di intelligenza artificiale per l'analisi di immagini satellitari. Grazie a machine learning e deep learning è infatti possibile gestire e far eseguire alcune operazioni di analisi particolarmente complesse, come quelle che presuppongono l'utilizzo di immagini satellitari. In sintesi, le tecniche che possono eventualmente essere utilizzate per l'analisi di queste ultime sono basate in gran parte su reti neurali convoluzionali.

Oltre a queste tecniche, soprattutto per quanto riguarda le fasi di post-processamento del dato presenti in diverse pipeline implementabili dal Verticale, potrebbero essere adottabili tecniche di machine learning più "classico" (come random forest, gradient boosting e regressioni). Per avere un utilizzo più efficace delle risorse computazionali, sarà valutato dunque anche l'utilizzo di questi due approcci in modo congiunto, secondo i singoli casi e le singole pipeline, provando a ottimizzare il processo di elaborazione da un lato strutturando il dato sfruttando reti neurali, dall'altro elaborando il dato strutturato tramite machine learning classico.

#### 1.6.8 Casistica di Utilizzo

Gli algoritmi sono progettati e sperimentati ampiamente alla fonte su ciascun caso specifico, proprio per la produzione dei risultati attesi dal Verticale. I casi di utilizzo sono eventualmente riportati in dettaglio all'interno delle documentazioni di cui al paragrafo 8.11 a seguire. Sugli stessi algoritmi è presente anche una letteratura che riporta le applicazioni pratiche e sperimentali degli stessi con i relativi risultati.

## 1.7 Dati di output

### 1.7.1 Introduzione

In linea con gli obiettivi previsti per il servizio applicativo, si prevede di produrre gli output richiesti dallo stakeholder in forma di mappe generate dallo stesso:

- Snow Water Equivalent;
- Mappe di copertura nivale;
- Mappe post evento;
- Carta copertura del suolo;
- Mappe di umidità del suolo;
- Mappe di deformazione superficiale da InSAR

Per ciascuna di queste categorie, viene generato un metadato e alcuni dati complementari associati ad esso.

### 1.7.2 Elenco Dati di Output

La tabella a seguire presenta un elenco di riferimento dei dati prodotti in output contestualmente al funzionamento del servizio applicativo.

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche e Sensibilità Dato	Criticità
VIAP04_DO001	Snow Water Equivalent: Mappa valutazione entità del manto nevoso se convertita nello spessore dello strato d'acqua corrispondente ottenuta dalla fusione del manto nevoso	Copernicus	API	una volta al giorno per offline, su richiesta per online	nessuna	
VIAP04_DO002	Mappe di copertura nivale: Mappa copertura manto nevoso	Copernicus	API	una volta al giorno per offline, su richiesta per online	nessuna	
VIAP04_DO003	Mappe post evento: Mappe che permettono di analizzare sul	Copernicus	API	una volta al giorno per offline, su	nessuna	



ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche e Sensibilità Dato	Criticità
	territorio di un determinato evento (da definire)			richiesta per online		
VIAP04_DO004	Carta copertura del suolo: Mappa del materiale fisico presente sulla superficie del suolo di un'area	Copernicus	API	una volta al giorno per offline, su richiesta per online	nessuna	
VIAP04_DO005	Mappe di umidità del suolo	Copernicus	API	una volta al giorno per offline, su richiesta per online	nessuna	
VIAP04_DO006	Mappe di deformazione superficiale da InSAR: Mappe di velocità media delle deformazioni in atto nel periodo di analisi, con informazioni sulle serie storiche di deformazione in corrispondenza di ogni punto PS	SIM	API	su richiesta per online	nessuna	
VIAP04_DO007	Mappe di deformazione superficiale da InSAR: Mappe di velocità media delle deformazioni in atto nel periodo di analisi, con informazioni sulle serie storiche di deformazione in	SIM	API	su richiesta per online	nessuna	

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche e Sensibilità Dato	Criticità
	corrispondenza di poligoni delle aree a comportament o simile					
VIAP04_DO008	Mappe di distribuzione delle aree a deformazione superficiale anomala	SIM	API	su richiesta per online	nessuna	