



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

Progetto Esecutivo

ALLEGATO_V4_C.U.4.1

Implementazione di un algoritmo per l'elaborazione submetrica e 3D



**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.V.4.1 – Implementazione di un algoritmo per l'elaborazione submetrica e 3D | 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 | 5 |
| 1.1.4 | Tematiche e Obiettivi Correlati | 6 |
| 1.1.5 | Benefici Attesi | 6 |
| 1.1.6 | Vincoli e Limitazioni | 7 |
| 1.1.7 | Stakeholders Coinvolti | 7 |
| 1.1.8 | Conclusione e Riepilogo | 7 |
| 1.2 | Requisiti funzionali | 7 |
| 1.2.1 | Elenco dei Requisiti Funzionali | 7 |
| 1.2.2 | Requisiti non Funzionali Correlati | 12 |
| 1.2.3 | Vincoli e limitazioni | 15 |
| 1.3 | Architettura logico-applicativa del Sistema | 15 |
| 1.3.1 | Requisiti Non-Funzionali | 15 |
| 1.3.2 | Diagramma Architetture | 16 |
| 1.3.3 | Piattaforme SIM utilizzate | 20 |
| 1.4 | Dati di input | 25 |
| 1.4.1 | Introduzione ai Dati di Input | 25 |
| 1.4.2 | Catalogo delle Fonti di Dati | 27 |
| 1.4.3 | Specifiche di Contenuto | 29 |
| 1.5 | Sistemi federati | 29 |
| 1.5.1 | Introduzione ai Sistemi Federati | 29 |
| 1.5.2 | Elenco dei Sistemi Federati | 29 |
| 1.6 | Funzioni, Algoritmi e Modelli | 30 |
| 1.6.1 | Introduzione e Panorama Generale | 30 |
| 1.6.2 | Criteri di Selezione | 33 |

| | | |
|-------|--|----|
| 1.6.3 | Tipologia di Funzioni | 33 |
| 1.6.4 | Dettagli sugli Algoritmi | 33 |
| 1.6.5 | Dettagli sui Modelli | 36 |
| 1.6.6 | Interazione tra Algoritmi e Modelli..... | 36 |
| 1.6.7 | Analisi della Complessità Computazionale | 37 |
| 1.6.8 | Casistica di Utilizzo | 37 |
| 1.6.9 | Misure di Validazione e Verifica | 40 |
| 1.7 | Dati di output..... | 41 |
| 1.7.1 | Introduzione..... | 41 |
| 1.7.2 | Elenco Dati di Output | 41 |

1 CU.V.4.1 – Implementazione di un algoritmo per l'elaborazione submetrica e 3D

1.1 Obiettivo del servizio applicativo

1.1.1 Introduzione

Le attività di monitoraggio del territorio in termini di uso, copertura e consumo di suolo nel nostro Paese, assicurate dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) come previsto dalla L.132/2016, permettono di avere un quadro periodicamente aggiornato dell'evoluzione dei fenomeni che caratterizzano il cambiamento del territorio, attraverso la produzione di cartografia tematica e l'elaborazione di indicatori specifici.

La mappa di copertura del suolo a risoluzione sub-metrica costituisce una configurazione specifica che consente di apprezzare le micro-trasformazioni della copertura di suolo, in ambiti extra-urbani ma anche in ambiti urbani già antropizzati e urbanizzati. In tal senso, la disponibilità di un algoritmo che consenta l'associazione del dato 3D a dati di copertura del suolo ad altissima risoluzione è di grande interesse per il monitoraggio e lo studio dei fenomeni naturali e antropogenici su ambiti territoriali delimitati (per ridurre la complessità computazionale) ma, in prospettiva, anche a copertura nazionale.

Peraltro, se la disponibilità di una copertura del suolo sub-metrica è essenziale per stimare e valutare in senso analitico le trasformazioni urbane e territoriali, essa costituisce anche uno strato informativo di base per una grande varietà di modellazione a carattere ambientale, territoriale e paesistico.

Affinché tali dati e strati informativi possano costituire un elemento per studi diacronici a livello nazionale, con aggiornamento costante nel tempo, è necessario che gli output prodotti siano coerenti e confrontabili con versioni precedenti.

1.1.2 Scopo Generale

L'obiettivo dell'applicazione è quello di fornire supporto agli utenti del sistema nell'ambito delle loro attività, istituzionali, fornendo i dati di base e le risorse di calcolo necessari alla produzione di cartografia di copertura del suolo ad elevata risoluzione spaziale e alta frequenza temporale di aggiornamento, ed integrata della componente 3D.

Ciò consentirà infatti di identificare e misurare nel tempo i fenomeni e le dinamiche in atto legati alle variazioni di copertura del suolo anche in 3D, con informazione sugli elementi presenti al suolo (altezza alberi, edifici, ecc.).

1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave

Allo stato attuale le carte di copertura del suolo realizzate da ISPRA, hanno una frequenza di aggiornamento piuttosto bassa (annuale o biennale) e risoluzioni spaziali dell'ordine di 10m, caratteristiche non compatibili al monitoraggio di variazioni e trasformazioni territoriali che avvengono invece in archi temporali più brevi.

Viene pertanto richiesta l'implementazione di un servizio per la realizzazione di mappe di copertura del suolo a risoluzione molto elevata in tempo differito ma con alta frequenza temporale che possa costituire la base di analisi per una serie di prodotti e servizi cartografici completi e omogenei a livello nazionale utili a identificare e misurare nel tempo i fenomeni e le dinamiche in atto legati alle variazioni di uso e di copertura del suolo anche in 3D.

Il requisito chiave per lo sviluppo dell'Applicativo è rappresentato dalla disponibilità dei dati di input con caratteristiche, in termini di risoluzione spaziale, spettrale e frequenza di aggiornamento compatibili con le specifiche richieste dall'applicativo stesso.

1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati

Le coperture del suolo rappresentano uno strato informativo di base, che viene comunemente utilizzato come dato di input per elaborazioni tese, a diverso titolo, a estrarre o analizzare il territorio e le sue dinamiche evolutive. Si riporta di seguito una tabella che sintetizza alcune tematiche di riferimento per l'utilizzo della carta delle coperture e gli obiettivi correlati.

| Tematiche | Obiettivi Correlati |
|---------------------------------|--|
| Monitoraggio del territorio | Avere un quadro periodicamente aggiornato dell'evoluzione dei fenomeni che caratterizzano il cambiamento del territorio Ottenere uno strato informativo di base, coerente su tutto il territorio nazionale, utilizzabile per elaborazioni di carte tematiche specialistiche |
| Monitoraggio ambiente naturale | Realizzare studi e analisi specifici e che riguardano a vario titolo l'evoluzione delle coperture del suolo e dei fenomeni territoriali ed antropici ad esso connesso, analizzando, ad esempio, le pressioni antropiche sul sistema naturale circostante |
| Monitoraggio ambiente costruito | Elaborazione Carta del consumo di suolo: indica le variazioni da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato), con la distinzione fra consumo di suolo permanente (dovuto a una copertura artificiale permanente) e consumo di suolo reversibile (dovuto a una copertura artificiale reversibile). Le variazioni individuate, nel caso di variazioni da antropico a antropico, potranno essere relative anche a variazioni di elevazioni. Elaborazione Carta delle variazioni sia relative al consumo di suolo che alle coperture, anche in 3D |

1.1.5 Benefici Attesi

L'utilizzo di uno strumento unico a livello nazionale permetterà di avere mappature omogenee e potrà costituire la base di ulteriori nuovi elaborati e servizi cartografici da questo derivati altrettanto omogenee e quindi confrontabili sia nello spazio che nel tempo.

L'elevata frequenza di aggiornamento e la possibilità di operare anche su richiesta permettono un monitoraggio più continuativo degli elementi presenti sul territorio

1.1.6 Vincoli e Limitazioni

Si riportano di seguito gli elementi che, nell'ambito di questo applicativo, possono rappresentare criticità o porre vincoli:

- come già accennato nel paragrafo “Esigenze e Requisiti Chiave Dati di input”, la richiesta di una carta di copertura ad elevata risoluzione spaziale e frequenza di aggiornamento, presuppone un dato di input di pari caratteristiche. Allo stato attuale, la disponibilità di dati con dettagli così elevati non sono molto diffuse e possono essere ottenute da servizi di tipo commerciale, con costi non sostenibili se si pensa all'implementazione su aree di dimensioni regionali o nazionali. In attesa di evoluzioni delle fonti dati disponibili, il rispetto dei livelli di servizio nella produzione degli output è condizionato alla disponibilità del dato di input.
- Poiché le coperture del suolo rappresentano uno strato informativo di base, che viene comunemente utilizzato come dato di input per elaborazioni successive tese, a diverso titolo, a estrarre o analizzare il territorio, è atteso che l'output prodotto possa essere ricondiviso ad altri utenti del sistema nel RdS del Sim.

1.1.7 Stakeholders Coinvolti

Di seguito vengono riepilogati sinteticamente stakeholders che interagiscono con diverse modalità nell'ambito dell'applicativo.

| Stakeholder | Tipologia interazione |
|----------------------------|-----------------------|
| ISPRA (SNPA) | Fruitore del servizio |
| ARPA (SNPA) | Fruitore del servizio |
| APPA (SNPA) | Fruitore del servizio |
| ENEA | Fruitore dell'output |
| CUFAA | Fruitore dell'output |
| Enti e istituti di ricerca | Fruitore dell'output |

1.1.8 Conclusione e Riepilogo

La copertura del suolo con elevata risoluzione spaziale e alta frequenza temporale rappresenta un dato di base estremamente versatile, attraverso il quale è possibile stimare e valutare le trasformazioni urbane e implementare una grande varietà di modellazioni a carattere ambientale, territoriale e paesistico.

A tal fine l'applicativo si pone l'obiettivo di fornire uno strumento per la realizzazione di cartografia di copertura del suolo ad elevata risoluzione spaziale con informazioni anche sul 3D.

1.2 Requisiti funzionali

1.2.1 Elenco dei Requisiti Funzionali

Di seguito si riporta l'elenco dei requisiti funzionali dell'applicativo

| ID | Requisito | Descrizione | Progettazione | Implementazione |
|--------------|--|--|--|---|
| V4AP01_RF001 | Scelta del modello di elaborazione | All'utente verrà preliminarmente chiesto il tipo di elaborazione da eseguire selezionando fra: 1) elaborazione copertura del suolo 2) elaborazione 3d. Le scelte non sono mutuamente escludenti | Il SIM dovrà presentare all'Utente la possibilità di scelta dei workflow possibili mediante interfaccia grafica. | La scelta dell'utente avviene in forma interattiva attraverso un controllo a scelta singola. |
| V4AP01_RF002 | Selezione dei dati di input | L'utente seleziona i dati tra quelli indicati "Catalogo delle Fonti di Dati". Tale elenco sarà determinato sulla base della selezione del requisito 1 | I dati necessari al flusso di elaborazione sono selezionati dall'utente e reperiti all'interno della piattaforma attraverso l'impiego del Data Catalog | La modalità di implementazione del requisito verrà dettagliata nella successiva fase progettuale. |
| V4AP01_RF003 | Selezione del perimetro di interesse | Questo requisito riguarda la selezione del perimetro di interesse per circoscrivere l'elaborazione ad un ambito territoriale specifico. | Operazione di segmentazione effettuata attraverso filtro territoriale o su metattributioni della sorgente | La selezione segue prassi implementativa definita all'interno della progettazione esecutiva dell'Intelligence Platform |
| V4AP01_RF004 | Verificare esistenza dei dati di input | Una volta che l'utente abbia definito i dati necessari, l'applicativo genera una mappatura del soddisfacimento della presenza del dato | Il sistema opera un'analisi sulle fonti dati a partire dalla selezione dell'utente indicando se le fonti sono soddisfatte | Viene implementato uno specifico modulo di controllo che contiene tutta la logica applicativa per fare il ranking per il soddisfacimento dei requisiti di input |
| V4AP01_RF005 | Upload dati da parte dell'Utente | L'Utente potrà effettuare il caricamento di dati esterni al SIM utilizzabili nell'analisi | Nella progettazione dovranno essere previste delle maschere di caricamento di dati esterni al SIM | In fase di implementazione saranno utilizzate le librerie standard messe a disposizione della Intelligence Platform |
| V4AP01_RF006 | Algoritmi di pre-processing | Questo requisito riguarda | Approfondito in | Le routine di preelaborazione del |

| ID | Requisito | Descrizione | Progettazione | Implementazione |
|--------------|---|---|--|--|
| | | l'implementazione, attraverso opportuna integrazione, di un algoritmo di pre-processamento per gestire l'ingestion di dati eterogenei provenienti da fonti diverse. | Dettagli sugli Algoritmi | dato vengono integrate per rendere lo stesso fruibile dai successivi step di elaborazione |
| V4AP01_RF007 | Algoritmi di classificazione basate su analisi di firme spettrali | Questo requisito riguarda l'implementazione, attraverso opportuna integrazione, di algoritmi di classificazione basati su analisi spettrale. | Approfondito in Dettagli sugli Algoritmi | Vengono impiegati Tecnologie di base dell'Intelligence Platform per integrare funzioni, modelli e algoritmi del servizio applicativo |
| V4AP01_RF008 | Selezione del dataset di training | Qualora la procedura avviata preveda algoritmi di classificazione, all'utente viene chiesto di selezionare il set di dati per il training | Sulla base dei dataset disponibili (rif. Algoritmi di classificazione basati su analisi spettrale) si permette la selezione. | Vengono lette ed esposte le configurazioni dei dataset di classificazione per il popolamento dei controlli di selezione. |
| V4AP01_RF009 | Algoritmo di composizione per elaborazione 3D | Questo requisito riguarda la realizzazione del processo di composizione per la restituzione di copertura 3D. | Approfondito in Dettagli sugli Algoritmi | Vengono impiegati Tecnologie di base dell'Intelligence Platform per integrare funzioni, modelli e algoritmi del servizio applicativo |
| V4AP01_RF010 | Segnalazione automatica incoerenze | Questo requisito riguarda l'implementazione di un meccanismo di segnalazione delle incoerenze emerse dalla procedura di composizione. | Approfondito in Dettagli sugli Algoritmi | Vengono impiegati Tecnologie di base dell'Intelligence Platform per integrare funzioni, modelli e algoritmi del servizio applicativo |
| V4AP01_RF011 | Vettorializzazione dati output | Questo requisito riguarda la realizzazione del processo di vettorializzazione in base alla tipologia delle fonti di input. | Approfondito in Dettagli sugli Algoritmi | Vengono impiegati Tecnologie di base dell'Intelligence Platform per integrare funzioni, modelli e algoritmi |

| ID | Requisito | Descrizione | Progettazione | Implementazione |
|--------------|--|---|--|--|
| | | | | del servizio applicativo |
| V4AP01_RF012 | Produzione mappe tematizzate | Questo requisito riguarda la produzione di mappe tematizzate, in formato raster e vettoriale. | Visualizzazione su interfaccia operativa | La visualizzazione cartografica è implementata utilizzando librerie web-GIS su interfaccia operativa |
| V4AP01_RF013 | Generazione del Report sullo stato dell'esecuzione | Viene indicato l'esito delle l'elaborazione, la marca temporale, il dominio dei dati di input e un riferimento all'output prodotto (link) | Viene sviluppato un set di metadati contenenti l'informativa del report successivamente indirizzabile attraverso la visualizzazione interattiva o altro mezzo (mail) | Il metadato viene associato al contenuto generato dall'elaborazione archiviato all'interno del DataCatalog |
| V4AP01_RF014 | Notifica di completamento elaborazione | Questo requisito riguarda la Notifica di avviso per completamento generazione automatica mappa. | Visualizzazione di una notifica di completamento generazione mappa tematica, nel caso di elaborazioni di grandi dimensioni | Implementazione di un servizio di notifica laddove il dato sia di grandi dimensioni e richieda più tempo di elaborazione. |
| V4AP01_RF015 | Validazione | Permette di: <ul style="list-style-type: none"> • analizzare i risultati statistici della classificazione • effettuare un test di validazione | Approfondito in Dettali sugli Algoritmi | Vengono impiegati Tecnologie di base dell'Intelligence platform per integrare funzioni, modelli e algoritmi del servizio applicativo |

Di seguito viene descritta sinteticamente **la modalità con cui il SIM risponderà alle necessità dell'Utente di riferimento** (di seguito abbreviato in Utente).

L'Utente, autenticato e autorizzato all'accesso alla sezione dedicata del SIM, seleziona il tipo di elaborazione da eseguire selezionando fra:

- elaborazione 3d a partire da una carta di copertura del suolo esistente (workflow 1)
- elaborazione copertura del suolo e elaborazione 3D (workflow 2b)
- elaborazione copertura del suolo (workflow 2a)

In base alla selezione del workflow operativo di interesse il Sistema presenterà all'Utente la lista di dati di input disponibili e necessari per l'elaborazione (carta delle coperture, DTM/DSM per workflow 1, immagini satellitari multispettrali ad altissima risoluzione, DTM/DSM per workflow 2b, immagini satellitari multispettrali ad altissima risoluzione per workflow 2a).

L'Utente procede con la selezione dei dati tra quelli indicati "Catalogo delle Fonti di Dati", tale elenco sarà determinato sulla base della selezione del requisito RF001.

Se l'Utente di riferimento è interessato alla elaborazione di un'area di interesse specifica, sarà possibile definirla attraverso input manuale su mappa (disegno) o selezione di confini amministrativi, anche in base alla copertura dei dati di input selezionati.

Quando l'Utente ha definito i parametri di elaborazione (dati e area di interesse), l'applicativo genera una mappatura del soddisfacimento della presenza del dato. In caso di mancato soddisfacimento, viene informato l'utente.

Qualora necessario, l'Utente potrà effettuare il caricamento di dati necessari al workflow elaborativo e non presenti nel SIM, al fine permettere l'esecuzione dell'analisi col maggior livello di dettaglio possibile.

Nel caso in cui l'utente abbia selezionato, tra le fonti dati, immagini raster ad alta risoluzione, viene richiesto di specificare il dataset di training per la successiva elaborazione degli algoritmi di classificazione.

Al completamento della procedura di impostazione dell'elaborazione, l'Utente conferma l'avvio dell'esecuzione.

L'elaborazione sarà asincrona, quindi consentirà all'utente di continuare ad operare all'interno del SIM o di uscire dal sistema anche se la procedura è in esecuzione.

Al termine del processo elaborativo, il servizio applicativo provvede a notificare l'esito attraverso mail e – se l'utente presente sul sistema con una sessione attiva – attraverso popup di notifica. In entrambi i casi si offre all'utente un riferimento per l'accesso all'output che viene presentato come mappa tematica.

Nel caso di workflow 1, l'output è costituito dalla mappa di copertura del suolo qualificata con il valore tridimensionale come desunto dal DTM/DSM impostato come input.

Nel caso di workflow 2b, l'output è costituito da una mappa di copertura del suolo prodotta ex-novo, qualificata con il valore tridimensionale come desunto dal DTM/DSM impostato come input.

Nel caso di workflow 2a, l'output è costituito da una mappa di copertura del suolo prodotta ex-novo, a partire dalle immagini multispettrali impostate come input della procedura.

Accedendo alla pagina del risultato dell'elaborazione, l'utente può visualizzare la mappa tematica risultato dell'elaborazione (che costituisce un output grafico in formato raster). L'utente avrà la

possibilità di effettuare l'export dei dati sia raster che tabellari e strutturare un modulo applicativo supportante le conversioni in formati standard (per esempio geo-tiff per dati spaziali o pdf). L'operazione avviene dall'interfaccia grafica e sarà possibile effettuare il download.

All'interno dell'area l'utente può visualizzare le segnalazioni di incoerenze rilevate dalla procedura e – qualora si sia eseguita una classificazione – il risultato della classificazione per valutarne il livello qualitativo.



Figura 3 – Esempio di Output previsto dall'applicativo

1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati

| ID | Requisito | Descrizione | Progettazione | Implementazione |
|---------------|--|--|---|---|
| V4AP01_RNF001 | Stato delle informazioni: visibilità e riservatezza. | I set informativi di interesse devono poter assumere uno stato di "riservatezza" a fronte di una possibile valutazione degli stessi come indizio di reato. | Vedasi descrizione presente nel master. | La modalità di implementazione del requisito verrà dettagliata nella successiva fase progettuale. |
| V4AP01_RNF002 | Stato delle informazioni: metadati a corredo | I set informativi oggetto di elaborazione | Vedasi descrizione | La modalità di implementazione del requisito verrà |

| ID | Requisito | Descrizione | Progettazione | Implementazione |
|---------------|--|--|---|---|
| | | devono essere corredati da una serie di metadati che consentano di tracciare l'intera catena di elaborazione a cui sono stati sottoposti, sia in termini temporali, che operativi. | presente nel master. | dettagliata nella successiva fase progettuale. |
| V4AP01_RNF003 | Definizione e gestione dei ruoli | Il servizio applicativo deve prevedere una chiara definizione dei ruoli operativi, anche in relazione all'obiettivo di modellare i processi amministrativi in ambito. Inoltre, le risultanze delle elaborazioni devono poter essere validate, sia dal punto di vista operativo che amministrativo, da operatori con specifico ruolo di responsabilità, diverso da quello dell'operatore che ha eseguito l'analisi di interesse. | Vedasi descrizione presente nel master. | La modalità di implementazione del requisito verrà dettagliata nella successiva fase progettuale. |
| V4AP01_RNF004 | Blocchi funzionali per i processi amministrativi: validazione. | È necessario prevedere un insieme di blocchi funzionali, modulabili secondo necessità al fine di modellare uno specifico processo amministrativo. Tra gli altri, è | Vedasi descrizione presente nel master. | La modalità di implementazione del requisito verrà dettagliata nella successiva fase progettuale. |

| ID | Requisito | Descrizione | Progettazione | Implementazione |
|---------------|--|---|---|---|
| | | necessario prevedere un blocco eseguibile secondo uno specifico privilegio di ruolo, che consenta la "validazione" formale e con valenza amministrativa delle elaborazioni effettuate. | | |
| V4AP01_RNF005 | Blocchi funzionali per i processi amministrativi: markup temporale e certificazione. | I set informativi di interesse devono poter essere certificati dal punto di vista temporale, sia al momento della loro acquisizione che nell'indicazione della data e ora esatte in cui è stata effettuata un'azione specifica. | Vedasi descrizione presente nel master. | La modalità di implementazione del requisito verrà dettagliata nella successiva fase progettuale. |
| V4AP01_RNF006 | Blocchi funzionali per i processi amministrativi: fascicolazione documentale. | Prevedere la possibilità di creare fascicoli documentali, con accesso controllato da parte di utenti. | Vedasi descrizione presente nel master. | La modalità di implementazione del requisito verrà dettagliata nella successiva fase progettuale. |
| V4AP01_RNF007 | Blocchi funzionali per i processi amministrativi: invio automatico documentazione. | Prevedere una funzionalità di invio automatico della documentazione verso terze parti, in modalità certificata (PEC) | Vedasi descrizione presente nel master. | La modalità di implementazione del requisito verrà dettagliata nella successiva fase progettuale. |
| V4AP01_RNF008 | Blocchi funzionali per i processi amministrativi: cambio stato set informativo. | Prevedere un meccanismo di cambio forzato dei set informativi ad uno stato "riservato" o altro stato opportuno. | Vedasi descrizione presente nel master. | La modalità di implementazione del requisito verrà dettagliata nella successiva fase progettuale. |

| ID | Requisito | Descrizione | Progettazione | Implementazione |
|---------------|--|---|---|---|
| V4AP01_RNF009 | Integrazione dei Blocchi funzionali amministrativi sui flussi applicativi. | Prevedere la possibilità di implementare le funzionalità di gestione amministrativa all'interno del flusso applicativo di monitoraggio. | Vedasi descrizione presente nel master. | La modalità di implementazione del requisito verrà dettagliata nella successiva fase progettuale. |

Nel paragrafo 5.4.2 del documento Master sono illustrate le linee di progettazione generale che declinano i requisiti non-funzionali sopra riportati.

1.2.3 Vincoli e limitazioni

Tutti i requisiti sopra espressi hanno il vincolo di realizzabilità in relazione alla disponibilità di dati, modelli e algoritmi nella necessaria struttura, risoluzione e frequenza.

Inoltre, tale proposizione progettuale potrà essere passibile degli opportuni raffinamenti e integrazioni, in funzione delle specifiche necessità e contributi di competenza nell'ambito della gestione dei processi amministrativi, che potranno ulteriormente pervenire da parte dei vari stakeholder coinvolti.

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 |
|-------------|--|
| GENERAL | Le immagini delle sorgenti degli stakeholder devono essere ad alta risoluzione con frequenza di aggiornamento almeno annuale |
| SICUREZZA | L'accesso all'interfaccia deve avvenire secondo le regole definite nel documento "classi di utenza" del SIM |
| 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 |
| SCALABILITÀ | I servizi implementati nell'Application Platform e nell'Intelligence Platform devono poter avere una infrastruttura scalabile sia verticalmente che orizzontalmente per venire incontro ai requisiti prestazionali che i modelli deterministici e i modelli di machine learning richiedano |
| | I moduli software devono poter essere mandati in esecuzione in parallelo senza causare collisioni di processo o di dati |

| Requisito | Descrizione |
|---------------------|---|
| 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 |
| | I servizi devono garantire auto recovery mantenendo la consistenza dei dati ad ogni riavvio |
| 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 |
| COMPATIBILITÀ | Tutte le interfacce grafiche devono essere compatibili con i browser più utilizzati sul mercato (Google Chrome, Safari, Microsoft Edge, Firefox, Opera, Internet Explorer) |
| | Lo sviluppo dell'App per la consultazione delle mappe deve esser fruibile su entrambi i marketplace (PlayStore per Android ed Apple Store per iOS) |
| 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 Server che espone l'API. 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 l'alert nel caso di rilevate anomalie che necessitano approfondimenti. |
| 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 servano 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 |
| | I log devono essere categorizzati e ordinabili per priorità (es: FATAL, ERROR, WARNING, ...), ordinabili per data e riconoscibili univocamente |
| | Per garantire la tracciabilità delle azioni i log devono contenere il dettaglio dell'utente/profilo e dell'orario in cui sono state eseguite le azioni oggetto di logging |
| USABILITÀ | Tutte le interfacce grafiche devono esser facilmente leggibili adottando le migliori dimensioni, font ed accorgimenti nella costruzione delle pagine |

Tabella 1 Requisiti non funzionali

1.3.2 Diagramma Architettuale

Di seguito è descritta l'architettura del sistema per l'implementazione dell'applicativo 1 del verticale, inclusi flussi dati, le relazioni tra macro-componenti e le piattaforme SIM utilizzate.

Il flusso definito dall'architettura e le piattaforme SIM utilizzate vengono descritti come segue:

1. L'utente interagisce con l'applicativo attraverso un'interfaccia grafica Web, che mette a disposizione tutte le funzionalità necessarie per la generazione di carte di copertura del suolo a partire da immagini multispettrali ad alta risoluzione. L'interfaccia grafica è integrata nella Digital eXperience Platform.
2. L'utente si autentica con credenziali attraverso una pagina di login messa a disposizione dal PSN. L'integrazione avviene attraverso API dedicate al processo di autenticazione.

3. Superato il processo di autenticazione, l'utente accede all'interfaccia web dove può ricercare e visualizzare le mappe tematiche già prodotte con gli strumenti GIS a disposizione, e dove può avviare un processo di elaborazione per la creazione di nuove mappe tematiche relative al consumo del suolo. L'interfaccia comunica con la base dati applicativa attraverso API mediante l'Integration Platform. Le funzionalità GIS sono accessibili dall'interfaccia grafica mediante l'utilizzo dell'API Gateway che si pone come interfaccia per l'invocazione delle API GIS esposte dal PSN.
4. All'avvio di un nuovo processo di creazione di una mappa tematica, l'utente viene indirizzato sull'interfaccia di selezione dei dati in input da utilizzare. L'elenco dei dati disponibili viene ottenuto dall'integrazione con il Master Catalog tramite API, quindi pre-filtrati rispetto ai dati utilizzabili per l'analisi del consumo del suolo. Vengono quindi proposti dal sistema fonti dati che includono immagini multispettrali ad alta risoluzione. E' possibile per l'utente utilizzare ulteriori filtri per restringere l'elenco di dati disponibili. Opzionalmente l'utente può utilizzare come dati in input dati DSM/DTM ottenute nelle medesime modalità con caratteristiche descritte nell'apposita sezione: in questo modo in output vengono generate anche le varianti 3D delle carte di copertura del suolo. L'utente può scegliere anche di utilizzare propri dati, effettuando l'upload di dati attraverso una funzionalità ad hoc e selezionarli come fonte di input per l'esecuzione. In questo caso i dati vengono persistiti in un'area di lavoro dedicata all'utente su object storage ed indicizzati sulla base dati attraverso l'implementazione di API dedicate.
5. Al passo successivo, l'utente deve selezionare l'area di interesse su cui effettuare l'analisi. Vengono quindi mostrati sull'interfaccia tool di selezione WebGIS per la selezione tramite: selezione dei confini amministrativi, da elenco o interagendo direttamente con i layer su mappa. Si otterrà in questo modo il vettoriale da utilizzare come filtro per il ritaglio degli input. L'utente può specificare il perimetro anche attraverso query sui metaattributi delle immagini multispettrali selezionate in input: in questo caso il perimetro di azione verrà valutato direttamente in fase di esecuzione dell'elaborazione; pertanto, il ritaglio delle aree viene effettuato in fase recupero dei dati e la persistenza sull'area temporanea di lavoro come descritto in seguito.
6. L'utente può selezionare i parametri di esecuzione, quali il livello di classificazione EAGLE da utilizzare tra quelli disponibili, e/o limitare le classi di copertura del suolo utilizzate nell'analisi ad un sottoinsieme di quelle disponibili.
7. In seguito alla conferma da parte dell'utente del perimetro, e di eventuali altri parametri di esecuzione, l'utente può avviare l'esecuzione del processo di elaborazione. L'utente riceve conferma dell'avvio del processo asincrono, ed il sistema recupera i metadati relativi ai dati di input selezionati dal Master Catalog; quindi, interroga le fonti dati correlate per recuperare le immagini selezionate, filtrando per il solo perimetro di interesse indicato o in base al risultato del filtro per metaattributi eseguito sulle immagini multispettrali scaricate. Queste vengono persistite in un'area di lavoro temporanea su Object Storage, che verrà cancellata al completamente dell'esecuzione. L'area di lavoro è accessibile anche dal processo di elaborazione che verrà eseguito sull'Intelligence Platform.
8. Il sistema avvia l'esecuzione del processo di elaborazione attraverso l'esecuzione del workflow implementato all'interno dell'intelligence platform. Il workflow include diversi algoritmi eseguiti in serie, a partire dal preprocessing volto all'allineamento dei formati eterogenei e delle caratteristiche geografiche dei dati (proiezione, risoluzione), agli algoritmi di classificazione

basati su analisi spettrale. In caso di presenza in input di dati DSM/DTM, viene eseguito anche un algoritmo di composizione per la generazione della mappa 3D: in questa fase viene eseguita anche una procedura di rilevazione automatica delle incoerenze, che verrà riportata sull'esito dell'elaborazione sotto forma di report. Infine, vengono restituiti in output le carte di copertura del suolo per il perimetro indicato, in formato raster 2D e 3D (se presenti dati DSM/DTM).

9. In base ai parametri di esecuzione indicati dall'utente, il workflow prevede in aggiunta l'esecuzione della vettorializzazione della carta di copertura del suolo, producendo in output il formato vettoriale della carta di copertura del suolo.
10. Alla conclusione dell'elaborazione gli output vengono resi disponibili all'utente su storage applicativo per la consultazione. Il completamento dell'elaborazione viene notificato all'utente tramite integrazione con il sistema di notifiche e message broking. L'utente può utilizzare strumenti WebGIS disponibili per la visualizzazione della/e mappe tematiche risultanti dal processo.
11. Le carte di output se ritenute corrette possono essere validate e pubblicate dall'utente. Si dovrà implementare un API che permetta di avviare il processo di validazione nella Process Platform. Questo processo prevede il coinvolgimento di diverse tipologie di utenti.
12. Alla conclusione del processo, i dati vengono pubblicati sul Master Catalog tramite integrazione di API per la pubblicazione dei risultati secondo visibilità indicata in fase di avvio del processo di validazione. L'utente viene notificato dell'esito della validazione attraverso il sistema di notifica.

Il flusso dei dati avviene secondo i seguenti passaggi principali:

1. Login utente: per l'autenticazione viene messa a disposizione dal PSN l'integrazione con IAM e le piattaforme coinvolte sono le seguenti:
 - la Digital eXperience Platform: espone la pagina di login, che interroga le funzionalità IAM. Se la richiesta di autenticazione va a buon fine allora la chiamata viene reindirizzata dalla componente IAM alla pagina Web principale dell'applicativo
 - la Componente PaaS dello IAM che gestisce gli accessi
2. Interfaccia utente Web: mediante l'interfaccia grafica si richiamano le API dell'Integration Platform, e la logica implementata, che permettono di utilizzare le funzionalità implementate. Le piattaforme coinvolte sono specifiche per ogni funzionalità come descritto in seguito.
3. Funzione di upload dati utente: sia nell'ambito della selezione del perimetro che nella fase di selezione dati di input, l'utente può effettuare l'upload di dati da utilizzare per l'esecuzione. In entrambi i casi i dati vengono persistiti all'interno di un'area di lavoro dell'utente, storicizzata su object storage ed indicizzata su database. In questo caso vengono coinvolte le seguenti piattaforme:
 - La Digital eXperience Platform come interfaccia di interazione utente
 - Integration platform per l'utilizzo di API Gateway nello scambio dati
 - Data Platform per la persistenza dei dati e dei metadati associati ad essi
4. Funzionalità Geo Database: tramite interfaccia grafica si possono ricercare i dati da utilizzare come input per l'elaborazione degli algoritmi ed i dati per la selezione del perimetro con le funzionalità del Data Access Broker del SIM. Le piattaforme coinvolte sono le seguenti:
 - la Digital eXperience Platform per utilizzare le funzionalità di ricerca invocando le API REST di interfaccia con la Data Platform mediante l'utilizzo dell'API Gateway.
 - l'Integration Platform per l'utilizzo dell'API Gateway

- la Data Platform per l'utilizzo dei servizi GeoDAB e l'interrogazione del Master Catalog
- 5. Utilizzo di funzionalità GIS: tramite interfaccia grafica si possono effettuare operazioni sulle mappe tematiche generate e sui dati geografici in fase di definizione del perimetro di esecuzione con le funzionalità GIS messe a disposizione del PSN. Le piattaforme coinvolte sono le seguenti:
 - la Digital eXperience Platform per utilizzare le funzionalità GIS invocando le API GIS del PSN mediante l'utilizzo dell'API Gateway.
 - l'Integration Platform per l'utilizzo dell'API Gateway
 - la Geospatial Platform per l'utilizzo dei servizi GIS
- 6. Gestione dati input esecuzione: vengono recuperate mediante API dai sistemi federati, a partire dai metadati presenti sul Master Catalog, con l'utilizzo dell'API Gateway che invoca i servizi dei Sistemi federati. Le piattaforme coinvolte sono le seguenti:
 - la Digital eXperience Platform per invocare le API di acquisizione dati dai sistemi federati passando come informazione il perimetro di riferimento selezionato dall'utente.
 - l'Integration Platform per l'utilizzo dell'API Gateway per l'interrogazione dei sistemi federati
 - la Data Platform per la creazione di aree di lavoro temporanee quindi la persistenza dei dati acquisiti in un object storage
- 7. Avvio elaborazione dati: l'utente invoca l'esecuzione degli algoritmi tramite interfaccia grafica, con i parametri in input previsti. Le piattaforme coinvolte sono:
 - la Digital eXperience Platform per gestire l'avvio da parte dell'utente dell'esecuzione algoritmi, quindi l'invocazione dell'API che gestiscono il processo
 - l'Integration Platform per l'utilizzo dell'API Gateway che collega l'interfaccia grafica al processo implementato sull'Intelligence Platform
 - la Intelligence Platform che esegue il workflow di elaborazione delle carte di copertura del suolo a partire dalle immagini multispettrali scelte dall'utente
 - la Data Platform che persiste i dati di output risultanti sul DB e Object Storage S3
- 8. Processo di validazione e pubblicazione delle carte di copertura del suolo elaborate: per poter fare la validazione è necessario da User Interface selezionare gli output di interesse e avviare un processo di validazione e pubblicazione nel Process Platform. Le piattaforme coinvolte sono le seguenti:
 - la Digital eXperience Platform per gestire il processo di validazione e invocare le API che gestiscono il processo
 - l'Integration Platform per l'utilizzo dell'API Gateway che relaziona l'interfaccia grafica con la gestione processi e la gestione delle notifiche
 - la Process Platform sul quale sarà implementato il processo di validazione e pubblicazione con il coinvolgimento degli attori responsabili della validazione
 - la Data Platform per la persistenza degli status
- 9. Le carte di output possono essere consultabili mediante strumenti WebGIS dedicati. Le piattaforme coinvolte sono:
 - la Digital eXperience Platform per la realizzazione dell'interfaccia grafica e gli strumenti di consultazione dei dati, richiamabili attraverso API che si interfacciano con dati ed immagini dal DB e dall'Object Storage S3
 - l'Integration Platform per l'utilizzo dell'API Gateway
 - la Data Platform per il recupero delle informazioni delle carte

Il seguente diagramma mostra il disegno architetturale dell'applicativo 1 secondo lo schema dei servizi standard SIM:

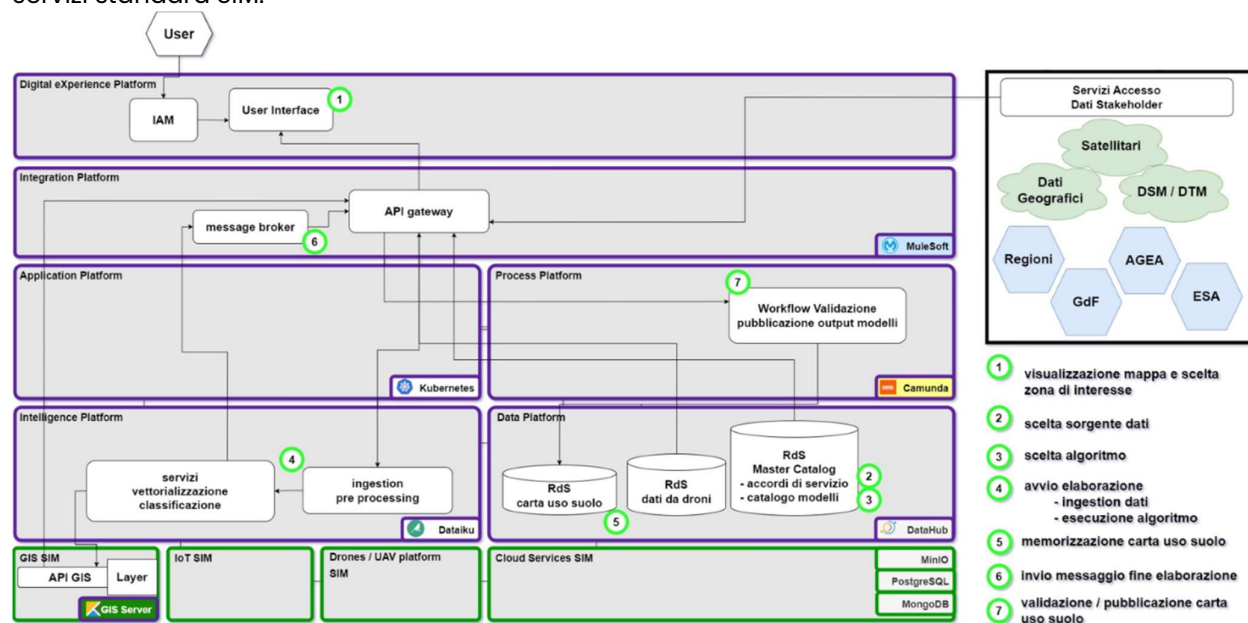


Figura 1 Diagramma Architetturale

1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate

Nella tabella seguente vengono indicate tutte le capability delle piattaforme SIM utilizzate in questo applicativo.

| MODULO | SERVIZIO | UTILIZZO | NOTE |
|----------------------------------|-----------------------|----------|---|
| Application Platform (DevSecOps) | Pipeline CI/CD Engine | SI | I sorgenti di tutte le componenti applicative relative a microservizi, algoritmi ed interfaccia utente saranno soggetti al deployment del software negli ambienti di collaudo e di produzione attraverso pipeline di CI/CD. |
| | Software Forge | SI | Tutte le componenti applicative sono soggette a versionamento e |

| MODULO | SERVIZIO | UTILIZZO | NOTE |
|------------------|---------------------------------------|----------|--|
| | | | tracciamento delle modifiche |
| | Application Defined Storage Engine | NO | |
| | Service Mesh | SI | Necessario per facilitare la gestione di alta affidabilità, sicurezza e resilienza del sistema. |
| | Observability | SI | Aspetto che impatta tutte le componenti applicative |
| Process Platform | Business Process Modelling | NO | |
| | Workflow Engine | SI | Viene integrato un workflow di validazione output orientato alla pubblicazione dei risultati ottenuti dall'elaborazione |
| | Business Rule Engine | NO | |
| | Analytics and Reporting | NO | |
| | Integration and Connectivity | NO | |
| | Collaboration and Communication tools | NO | |
| | Security and Access Control | NO | |
| | Complex Event Processing | NO | |
| Data Platform | Extract, Transform, Load (ETL) tools | NO | |
| | Data Modelling tools | SI | I formati delle informazioni quali la perimetrazione dei Parchi, zonizzazione ecc... sono diversi e quindi hanno bisogno di essere modellati e standardizzati. |
| | Business Intelligence tools | NO | |
| | Metadata Management tools | SI | L'integrazione con il Master Catalog |

| MODULO | SERVIZIO | UTILIZZO | NOTE |
|-----------------------|-------------------------------------|----------|--|
| | | | prevede l'utilizzo dei metadati associati, così come la pubblicazione dei dati di output |
| | Data Governance tools | SI | Viene integrato il componente per la validazione di dati e metadati pubblicati e per la gestione della visibilità e delle autorizzazioni |
| | Data modeling and Preparation tools | NO | |
| | Report creation/generation | NO | |
| | Data Visualization engines | SI | L'utente può visualizzare i dati generati attraverso strumenti WebGIS integrati |
| | Indexing, search | SI | L'utente può ricercare dati all'interno del catalogo attraverso ricerca semantica o basata su metadati |
| Intelligence Platform | AI/ML Frameworks catalog | NO | |
| | AI/ML Flows | NO | |
| | AI Models Lifecycle Management | NO | |
| | AI Data Preparation | NO | |
| | Model Deployment | SI | Gli algoritmi vengono rilasciati sotto forma di workflows nell'intelligence platform. |
| | Model Monitoring | SI | L'utente deve poter monitorare l'esecuzione del workflow e verificarne l'esito |
| | ML Scaling Framework | NO | |

| MODULO | SERVIZIO | UTILIZZO | NOTE |
|----------------------|------------------------------------|----------|---|
| Integration Platform | Integration Flows (Scenarios) | NO | |
| | Connectors | SI | In questa applicazione saranno usati i connettori per l'interrogazione dati dai sistemi federati |
| | Data mapping and transformation | NO | |
| | Integration workflow automation | NO | |
| | API management | SI | L'applicativo utilizza questo servizio per gestire le API contenenti la logica applicativa e che mette in relazione DXP, Intelligence Platform, Process Platform per la gestione del flusso lavoro dell'utente |
| | API gateway | SI | L'applicativo utilizza questo servizio per il routing delle richieste API tra le varie componenti e i sistemi esterni. In questo caso devono essere instradate le chiamate provenienti dall'interfaccia Web verso le API per le interazioni con le diverse piattaforme utilizzate |
| | Policies, monitoring and analytics | NO | |

| MODULO | SERVIZIO | UTILIZZO | NOTE |
|-----------------------------|---|----------|---|
| | Security and compliance | SI | L'accesso a dati è funzionalità è gestito in base a ruolo utente e visibilità associata ai dati |
| Digital Experience Platform | Content Management Service | NO | |
| | Mobile Devices Support | NO | |
| | Content Personalization | NO | |
| | Content and Service Analytics | NO | |
| | Identity Management Support Integration | NO | |
| | Service Access Policies | NO | |
| | Single Page Apps | SI | L'interfaccia Web viene implementata mediante tecnologia SPA |
| | Forms | NO | |
| | Asset Publisher | NO | |
| | Search | NO | |
| | Fragments and Pages | NO | |
| | SEO and Page Analytics | NO | |
| Geospatial Platform | Data Integration | SI | L'applicativo utilizza dati in formati che possono essere eterogenei sia in termini di proiezione, che di risoluzione e formato. |
| | Remote Sensing | NO | |
| | GIS base services | SI | L'utilizzo di strumenti GIS è previsto per la visualizzazione degli output; pertanto, gli strumenti base di analisi vengono integrati |

| MODULO | SERVIZIO | UTILIZZO | NOTE |
|--------|---------------------------------|----------|--|
| | | | nell'applicazione nella fase precedente alla validazione e durante il processo di validazione dei risultati |
| | Spatial Analysis | SI | In fase di perimetrazione dell'area di interesse, l'utente può applicare selezioni basate su strumenti di spatial analytics. |
| | Risk Assessment | NO | |
| | Predictive Modeling | NO | |
| | Climate Change Analysis | NO | |
| | Environmental Impact Assessment | NO | |
| | Reporting and Visualization | NO | |
| | Historical Data Analysis | NO | |
| | Scenario Planning | NO | |

Tabella 2 Capability delle piattaforme SIM utilizzate in questo applicativo

1.4 Dati di input

1.4.1 Introduzione ai Dati di Input

L'applicativo opera in diversi scenari elaborativi in funzione dell'output che si vuole conseguire e dei dati di input a disposizione. Si rimanda alla sezione dei modelli e degli algoritmi per maggior dettaglio.

Si riporta di seguito un elenco dei dati che rappresentano la forma più esaustiva di esecuzione dell'algoritmo:

- Immagine ad alta risoluzione e multispettrale. Tali immagini potranno essere provenienti da servizi satellitari o da rilievi dedicato eseguito attraverso droni, sorvoli o altra forma di acquisizione ad-hoc.
- Copertura del suolo alta risoluzione codificata con sistema EAGLE/SNPA
- Immagini alta risoluzione (costellazione IRIDE)
- DSM/DTM
- Dati geografici relativi agli elementi di interesse di cui si vuole conoscere l'informazione 3D (es. edificato alberi)

- Ortofoto
- Immagini da droni
- DBT regionali

1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati

| ID | Nome Sorgente Dati | Proprietà dei dati (owner) | Modalità di Accesso | Frequenza di Aggiornamento | Soluzione per l'Accesso ai Dati | Caratteristiche Sensibilità Dato | Uso del Dato | Criticità |
|-------------|--|------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|---|
| V4AP01_DI01 | Immagine ad elevata, molto elevata o centimetrica risoluzione multispettrale | Iride Service Segment / ESA | online | Secondo accordi con il provider | API / Stream | Unclassified | Dato di input per algoritmo di classificazione mappa copertura del suolo | Dato attualmente non disponibile. Criticità legata alle caratteristiche non note del dato |
| V4AP01_DI02 | Immagine ad alta risoluzione multispettrale | Copernicus /ESA (Sentinel 2) | online | 4 -7 giorni | API / Stream | Unclassified | Dato di input per algoritmo di classificazione mappa copertura del suolo | Risoluzione spaziale 10 m |
| V4AP01_DI03 | Immagine ad alta risoluzione multispettrali | Utente | Upload utente | On demand | Gestore dati SIM | Classified se richiesto da utente | Utilizzo per altimetrie | Immagine con caratteristiche peculiari degli strumenti utilizzati per il rilievo. |
| V4AP01_DI04 | Copertura del suolo alta risoluzione codificato EAGLE/SNPA | Iride Service Segment / ESA | online | Secondo accordi con il provider | API / Stream | Unclassified | Dato di input per l'elaborazione 3D | Dato attualmente non disponibile. Criticità legata alle |

| ID | Nome Sorgente Dati | Proprietà dei dati (owner) | Modalità di Accesso | Frequenza di Aggiornamento | Soluzione per l'Accesso ai Dati | Caratteristiche Sensibilità Dato | Uso del Dato | Criticità |
|-------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---|---|
| | | | | | | | | caratteristiche non note del dato |
| V4AP01_DI05 | DSM/DTM | Iride Service Segment / ESA | online | Secondo accordi con il provider | API/ Stream | Unclassified | Dato di input per l'elaborazione 3D | Dato attualmente non disponibile. Criticità legata alle caratteristiche non note del dato |
| V4AP01_DI06 | IGMI-DBSN/DBT regionali | IGM | | Periodico | sistema federato | Unclassified | Definizione oggetti di interesse | Frequenza di aggiornamento disomogenea |
| V4AP01_DI07 | Confini comunali | ISTAT | Online | annuale | Sistema federato | Unclassified | Dato di input per la selezione dell'area di interesse | Attualmente non si ravvisano criticità |

1.4.3 Specifiche di Contenuto

| ID | Specifiche di contenuto |
|-------------|---|
| V4AP01_DI01 | Immagine ad elevata, molto elevata o centimetrica risoluzione multispettrale fonte IRIDE |
| V4AP01_DI02 | Immagine ad alta risoluzione multispettrale fonte COPERNICUS |
| V4AP01_DI03 | Dato da upload utente |
| V4AP01_DI04 | Copertura del suolo alta risoluzione codificato EAGLE/SNPA fonte IRIDE |
| V4AP01_DI05 | DSM/DTM con accuratezza elevata al fine di corrispondere alle necessità dell'analisi richiesta dall'Utente |
| V4AP01_DI06 | IGMI-DBSN/DBT regionali – dato contenente gli elementi territoriali di interesse sui quali effettuare l'analisi richiesta |
| V4AP01_DI07 | Confini comunali – Dato contenente i limiti amministrativi delle ripartizioni comunali |

1.5 Sistemi federati

1.5.1 Introduzione ai Sistemi Federati

I Sistemi Federati sono i sistemi che inizialmente contribuiranno alla materializzazione del SIM, sia che partecipino come fornitori di dati e/o modelli sia che fruiscono delle potenzialità operative messe a disposizione dal SIM.

È stato quindi identificato un set di sistemi informativi appartenenti alla federazione SIM di seguito elencati.

1.5.2 Elenco dei Sistemi Federati

| ID | Nome Sistema Federato | Descrizione | Proprietà del servizio | Modalità di interazione | Caratteristiche sensibilità servizio |
|-------------|-----------------------|---|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| V4AP01_SF01 | ISTAT | ISTAT rende disponibili con frequenza di aggiornamento annuale i dati geografici relativi ai confini amministrativo | ISTAT | Interoperabilità | no |
| V4AP01_SF02 | COPERNICUS | Fornisce dati di monitoraggio del territorio e dell'ambiente | ESA | Interoperabilità | no |

| | | | | | |
|-------------|-------------------------|--|------|------------------|---|
| V4AP01_SF03 | IRIDE Service Segment | Costellazione rivolta all'acquisizione di dati satellitari a differente frequenza (pancromatico, multispettrale, iperspettrale, infrarosso) | ESA | Interoperabilità | no |
| V4AP01_SF04 | SIAN | Fornisce i prodotti aerofotogrammetrici di AGEA vengono acquisiti secondo piani di volo triennali a copertura dell'intero territorio nazionale | AGEA | Interoperabilità | dipende dai contenuti degli accordi di servizio |
| V4AP01_SF05 | IGMI-DBSN/DBT regionali | I DBSN (Database di Sintesi Nazionale) è una banca dati geografica contenente le informazioni territoriali più significative per effettuare analisi tematiche e rappresentazioni in ambito nazionale | IGM | Interoperabilità | no |

1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli

1.6.1 Introduzione e Panorama Generale

Il flusso di elaborazione nel suo complesso si compone di tre macro-step:

1. Acquisizione dati
2. Elaborazione carta copertura del suolo
3. Algoritmo di elaborazione 3D

Le risorse messe a disposizione dall'Applicativo possono essere utilizzate in maniera flessibile, in funzione dei dati di input e del tipo di output che si intende ottenere, selezionando quali macro-step eseguire allo scopo di ottenere cartografie di output con o senza l'informazione 3D.

Allo stato attuale di possono prefigurare tre scenari di utilizzo, cui corrispondono diverse casistiche di disponibilità di dati:

Scenario 1

1. Copertura del suolo con risoluzione sub-metrica classificata secondo l'ambito "Land cover components", Level III – IV

2. DSM con risoluzione spaziale submetrica e risoluzione verticale 2m
3. DTM con risoluzione spaziale submetrica

Scenario 2b




1. Dato satellitare o da specifica campagna di rilievo con risoluzione submetrica, multispettrale e iperspettrale
2. DSM con risoluzione spaziale submetrica e risoluzione verticale 2m
3. DTM con risoluzione spaziale submetrica

Scenario 2a

1. Dato satellitare o da specifica campagna di rilievo con risoluzione submetrica, multispettrale e iperspettrale

Nel contesto di disponibilità di dati prevista nello scenario 1 e 2b l'utente può arrivare alla produzione dell'output con informazione 3D. Diversamente, nello scenario 2a l'output prodotto è rappresentato dalla carta di copertura del suolo aggiornata senza le informazioni altimetriche.

Nota: Alcuni dei dati di input possono essere resi disponibili su scala nazionale a partire dal rilascio dei dati della Costellazione Iride non prima di luglio 2024 (in forma di dati precursori) oppure derivanti da campagne di acquisizione su ambiti delimitati e specifici (per es. attraverso droni)

| | OBIETTIVO | | Dati di input richiesto |
|-------------|--|---|---|
| Scenario 1 | Elaborazioni 3D su carta di uso del suolo come dato di input |  | <ul style="list-style-type: none"> Carta di copertura del suolo DTM/DSM |
| Scenario 2b | Elaborazione carta copertura del suolo con informazioni 3D |  | <ul style="list-style-type: none"> Immagine multispettrale alta risoluzione DTM/DSM |
| Scenario 2a | Elaborazione carta copertura del suolo |  | <ul style="list-style-type: none"> Immagine multispettrale alta risoluzione |

Di seguito si descrivono brevemente gli step previsti dal flusso e le possibili declinazione in riferimento agli scenari descritti

Acquisizione dati

Nel caso dello **scenario 1**, l'utente definisce l'area di indagine (AOI) e seleziona i dati necessari al modello (DSM, DTM, carta di copertura del suolo), anche attraverso personalizzazione. In particolare, l'interazione con questo applicativo può essere schematizzata in:

1. Definizione dell'AOI, utilizzando:

- partizioni amministrative predefinite disponibili sulla piattaforma;
 - shapefile in possesso all'utente;
 - drawing tools.
2. Selezione della carta di copertura del suolo tra quelle disponibili sul sistema, con la possibilità di specificare il livello della classificazione EAGLE da utilizzare e/o parzializzare le classi di copertura del suolo di interesse per la specifica analisi.
 3. Selezione della coppia DSM/DTM o del solo DSM con quote s.l.m. o già riferite al suolo.
 4. Esecuzione dell'algoritmo di Elaborazione 3D.

Nel caso dello **scenario 2a**, l'utente definisce l'area di indagine (AOI) e seleziona i dati necessari al modello (DSM, DTM, dato VHR multi/iper-spettrale), anche attraverso personalizzazione. In particolare, l'interazione con questo applicativo può essere schematizzata in:

1. Definizione dell'AOI, utilizzando:
 - partizioni amministrative predefinite disponibili sulla piattaforma;
 - shapefile in possesso all'utente;
 - drawing tools.
2. Importazione del dato VHR multi/iper-spettrale il quale verrà classificato secondo le classi definite dalla matrice EAGLE.
3. Selezione della coppia DSM/DTM o del solo DSM con quote s.l.m. o già riferite al suolo.
4. Esecuzione dell'algoritmo di Elaborazione 3D.

Nel caso dello **scenario 2b**, l'utente definisce l'area di indagine (AOI) e seleziona i dati necessari al modello (dato VHR multi/iper-spettrale), anche attraverso personalizzazione. In particolare, l'interazione con questo applicativo può essere schematizzata in:

1. Definizione dell'AOI, utilizzando:
 - partizioni amministrative predefinite disponibili sulla piattaforma;
 - shapefile in possesso all'utente;
 - drawing tools.
2. Importazione del dato VHR multi/iper-spettrale il quale verrà classificato secondo le classi definite dalla matrice EAGLE.

Elaborazione carta copertura del suolo

Negli scenari 2a e 2b, interviene un algoritmo di classificazione del dato VHR multi/iper-spettrale basato sull'analisi della risposta spettrale (firma spettrale) dei target presenti nella scena. La firma spettrale è una caratteristica intrinseca del target, di conseguenza un approccio basato su analisi spettrale permette una maggior flessibilità a diverse tipologie di prodotti d'input in termini di risoluzione spaziale e spettrale, rendendo il sistema maggiormente scalabile all'integrazione di future generazioni di dato che verranno messe a disposizione del sistema. L'output dell'algoritmo consiste in un raster classificato secondo le classi definite dal livello della matrice EAGLE selezionato dall'utente. Il risultato ottenuto necessita sempre di una fase di validazione da parte dell'utente.

1.6.2 Criteri di Selezione

Gli algoritmi ed i modelli previsti all'interno dell'applicativo sono le alternative più mature selezionate nel perimetro funzionale espresso dall'utente e considerando le condizioni al contorno imposte dai dati di input.

1.6.3 Tipologia di Funzioni

Gli aspetti relativi alla tipologia di funzioni sono riportati nel Paragrafo Dettagli sugli algoritmi.

1.6.4 Dettagli sugli Algoritmi

L'applicativo prevede tre scenari di utilizzo a seconda della disponibilità e dell'aggiornamento dei dati in input, descritti nel capitolo Introduzione e Panorama Generale. Nel caso di scenari applicativi 1 e 2a, è prevista una fase di preprocessing dei dati che sfrutta blocchi funzionali comuni a diversi applicativi e messi a disposizione dal SIM. E' preferibile che le banche dati che contribuiscono al SIM mettano a disposizione prodotti già proiettati secondo il sistema di riferimento cartografico prescelto e calibrati radiometricamente (nel caso di immagini multi/iper-spetttrali che siano da satellite o da aereo).

Pre-Processing

Premessa: esiste un insieme di funzioni di pre-processing che il SIM dovrà mettere a disposizione in maniera condivisa a tutte le applicazioni che utilizzano ed integrano dati da diverse sorgenti informative. Queste funzioni possono essere genericamente raggruppate in tool di geoprocessing e comprendono: ricampionamento, riproiezione, ortorettifica, co-registrazione, mosaico, subset da layer geografico (shapefile, raster) o subset manuale, calibrazione radiometrica e calibrazione atmosferica. Alcune di questi pre-processamenti possono essere già implementati dal provider, dati cartografici o dati telerilevati, che renderà disponibili al SIM ed alle sue applicazioni, prodotti di livello avanzato.

L'applicativo oggetto di progettazione in questo documento prevede lo sfruttamento e la cooperazione di differenti sorgenti informative (DSM/DTM carta di copertura del suolo). Il preprocessing comprende:

- Scenario 1: riproiezione della carta di copertura del suolo, DSM e DTM secondo un sistema cartografico proiettato comune e co-registrazione dei tre.
- Scenario 2a e 2b: georeferenziazione del dato multi/iper-spetttrali, DSM e DTM secondo un sistema cartografico proiettato comune, calibrazione radiometrica ed atmosferica del dato multi/iper-spetttrale ed infine co-registrazione dei tre.

Nonostante i dati siano forniti all'applicazione già proiettati secondo un sistema cartografico di riferimento condiviso, è necessario un'ulteriore operazione di allineamento, denominata procedura di co-registrazione. Questo step è previsto per entrambi gli scenari considerati in questo applicativo e, più in generale, per tutti gli applicativi dove è prevista la cooperazione di input da più sorgenti informative.

La co-registrazione delle immagini è il processo di allineamento nello stesso sistema di coordinate di due o più immagini con diversa geometria di visualizzazione e/o diverse distorsioni del terreno in modo che i pixel corrispondenti rappresentino gli stessi oggetti. Questa procedura inizia con l'individuazione e l'abbinamento di punti caratteristici denominati tie points, che vengono quindi utilizzati per calcolare i parametri di una trasformazione geometrica tra le due immagini. Nella co-registrazione manuale, un operatore individua questi punti visivamente utilizzando un'interfaccia interattiva. Nella co-registrazione automatica, gli algoritmi generano automaticamente tie points sfruttando:

- informazioni sulla geometria di acquisizione;
- tecniche di cross-correlazione sui valori di intensità dei pixel che compongono l'immagine.

A causa delle molteplici singolarità che caratterizzano i prodotti, che siano dati telerilevati o mappe, la registrazione automatizzata non sempre offre l'affidabilità e la precisione necessarie; quindi, spesso è necessaria la modifica manuale dei tie points. Di conseguenza, la procedura di co-registrazione che verrà implementata all'interno del SIM dovrà essere pensata come un ibrido nel quale è prevista la generazione automatica dei tie points per ridurre al minimo l'interazione con l'utente che rimane comunque necessaria al fine di verificare e correggere eventuali disallineamenti.

Negli Scenari 2a e 2b, il prodotto mappa di copertura del suolo prevede l'elaborazione dal dato multi/iper-spetttrale telerilevato. La correttezza dell'analisi è vincolata dalla disponibilità dell'informazione radiometrica calibrata, sotto forma di riflettanza spettrale, ottenuta tramite l'esecuzione dell'algoritmo di calibrazione radiometrica ed atmosferica specifico per quel sensore. Come premesso, il dato può essere fornito al SIM già calibrato dal provider, altrimenti il SIM dovrà prevedere, così come per la co-registrazione, un blocco funzionale a disposizione di questa ed altre applicazioni facenti uso dei dati multi/iper-spetttrali per la loro calibrazione.

1.6.4.1 Algoritmi di classificazione basati su analisi spettrale

L'algoritmo supporta l'utente nella creazione di una carta di copertura del suolo aggiornata ricavata dal dato telerilevato, classificato basandosi sulle caratteristiche spettrali dei target presenti nella scena e raggruppandoli in classi secondo la matrice di classificazione EAGLE.

La classificazione sarà di tipo supervisionato e sviluppato secondo la disponibilità di un training dataset, cioè dati etichettati che hanno un corrispondente dato di output, sul quale l'algoritmo costruisce le sue capacità predittive e di classificazione secondo le classi indicate nella matrice EAGLE. Un esempio ampiamente utilizzato in questa famiglia di algoritmi semi-automatici è lo spectral angle mapper (SAM) che per assegnare la classe di appartenenza calcola la distanza espressa in angolo spettrale tra la firma spettrale del pixel considerato e le firme spettrali di riferimento. Altro algoritmo di classificazione che può essere preso come riferimento è quello basato reti neurali Multi Layer Perceptron (MLP). All'operatore viene sempre richiesta l'interazione nel setting dei parametri e dei dati di riferimento per la classificazione.

Nei limiti delle potenzialità offerte dal dato di riferimento, l'operazione di classificazione potrà essere ripetuta con metodi o parametri di input differenti in modo da incrementarne l'accuratezza secondo gli obiettivi dell'analisi e dell'operatore.

1.6.4.2 Validazione della classificazione

La procedura di valutazione dell'accuratezza della mappa tematica ottenuta mediante la classificazione richiede la disponibilità dei pixel di verità a terra (ground truth) per il confronto con i dati classificati. L'algoritmo di validazione produce una matrice di confusione che restituisce la bontà della classificazione effettuata.

1.6.4.3 Algoritmo di elaborazione 3D

Questo algoritmo ha lo scopo di arricchire la carta di copertura del suolo con informazioni relative alla terza dimensione.

Nel caso in cui l'utente abbia selezionato la coppia DSM/DTM l'algoritmo restituisce la copertura del suolo arricchita, per ogni pixel, dell'attributo quota rispetto al suolo ($DSM - DTM$), mentre nel caso di disponibilità del solo DSM, se fornito senza ulteriori elaborazioni, l'algoritmo restituisce la quota s.l.m per ogni cella del suolo.

L'informazione altimetrica viene integrata al dato di copertura del suolo classificato secondo il sistema EAGLE (con livello definito dall'utente in input), ottenendo quindi un unico prodotto di output dove ogni pixel è descritto da una classe e da una quota.

1.6.4.4 Elaborazione layer delle incoerenze

La disomogeneità a livello temporale dei diversi layer utilizzati nell'algoritmo di composizione potrebbe generare un output che contiene incoerenze informative, in particolar modo legate all'associazione di valori di quote non coerenti con la classificazione associata alla mappa di copertura del suolo.

L'algoritmo sarà in grado di generare un layer informativo contenente le incoerenze tra la classe di copertura e l'informazione 3d (ad. Esempio Buildings - Level IV Eagle - con altezza pari a zero oppure Graminoids- Grass like - Level II Eagle - con altezza >0). Queste difformità potrebbero indicare difformità tra i dati se temporalmente coincidenti, oppure l'occorrenza di un cambiamento intercorso tra l'acquisizione VHR multi/iper spettrale e il DSM/DEM utilizzati per l'analisi.

Data la molteplicità delle sorgenti di errore, la mappa ottenuta dovrà essere sottoposta ad una procedura di validazione da parte dell'utente prima di poter essere condivisa.

1.6.4.5 Vettorializzazione

La procedura di vettorializzazione permette di trasformare in entità vettoriali poligonali i gruppi di pixel appartenenti ad una certa classe. Il criterio di vettorializzazione è quindi il valore del pixel sul dato raster per identificare le classi di copertura del suolo, la loro dimensione e posizione nello spazio. E' necessario ridurre la complessità delle geometrie ottenute tramite una semplificazione, ad esempio aggregare aree contigue con lo stesso valore o eliminare geometrie generate dal singolo

pixel che spesso derivano da imprecisioni sul dato o errori nella classificazione. La procedura si conclude con l'assegnazione degli attributi al dato vettoriale (classe di copertura e informazione sulla quota, quest'ultima se disponibile).

1.6.5 Dettagli sui Modelli

Nel presente applicativo non si prevede l'utilizzo di modelli specifici.

1.6.6 Interazione tra Algoritmi e Modelli

Si riporta in forma grafica uno schema grafico del flusso elaborativo dell'Applicativo nei diversi scenari di utilizzo.

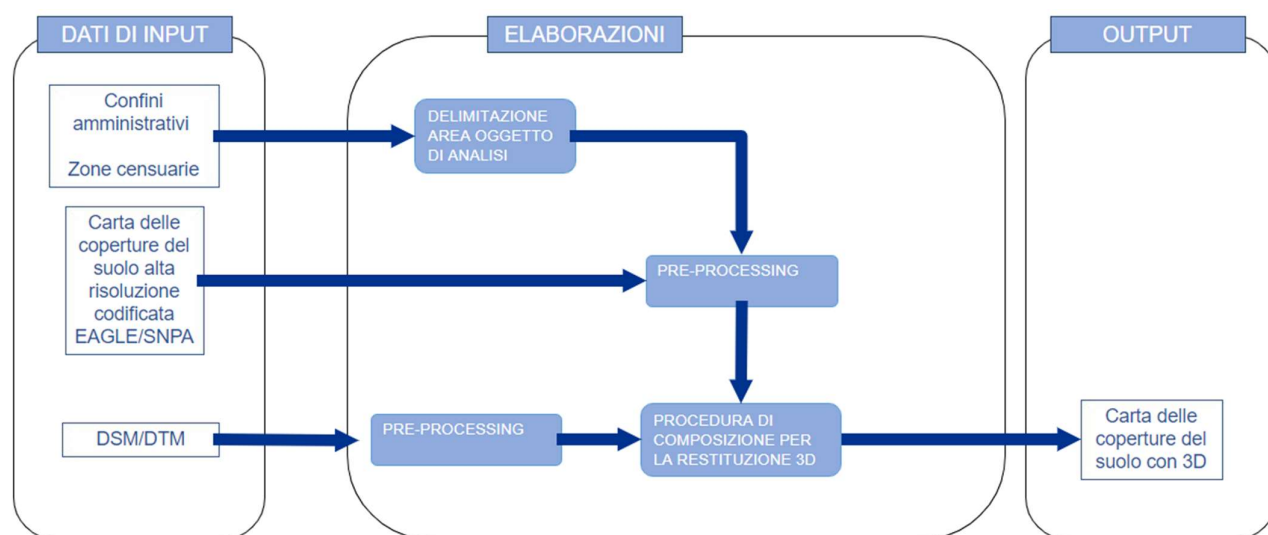


Figura 3 – Diagramma di flusso del servizio applicativo – Scenario 1

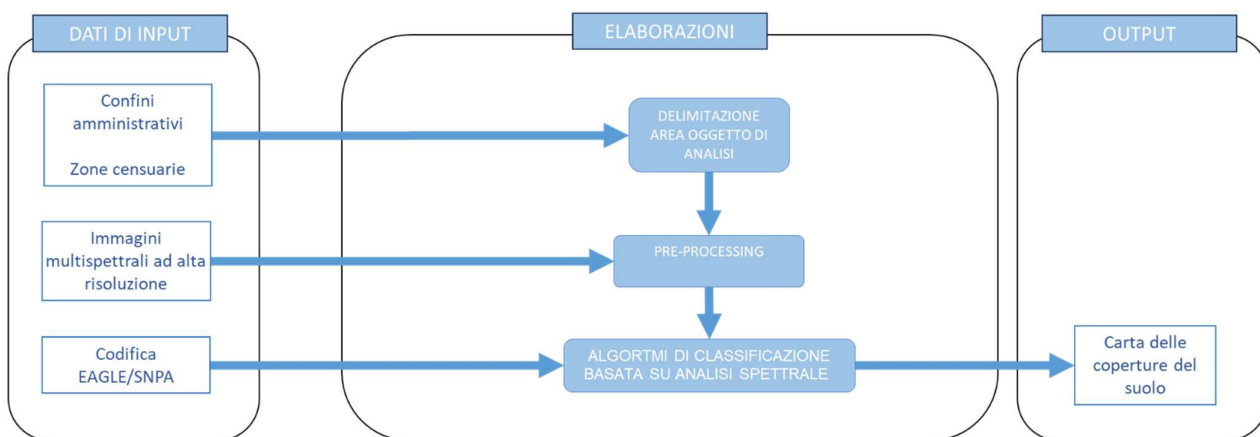


Figura 4 – Diagramma di flusso del servizio applicativo – Scenari 2a

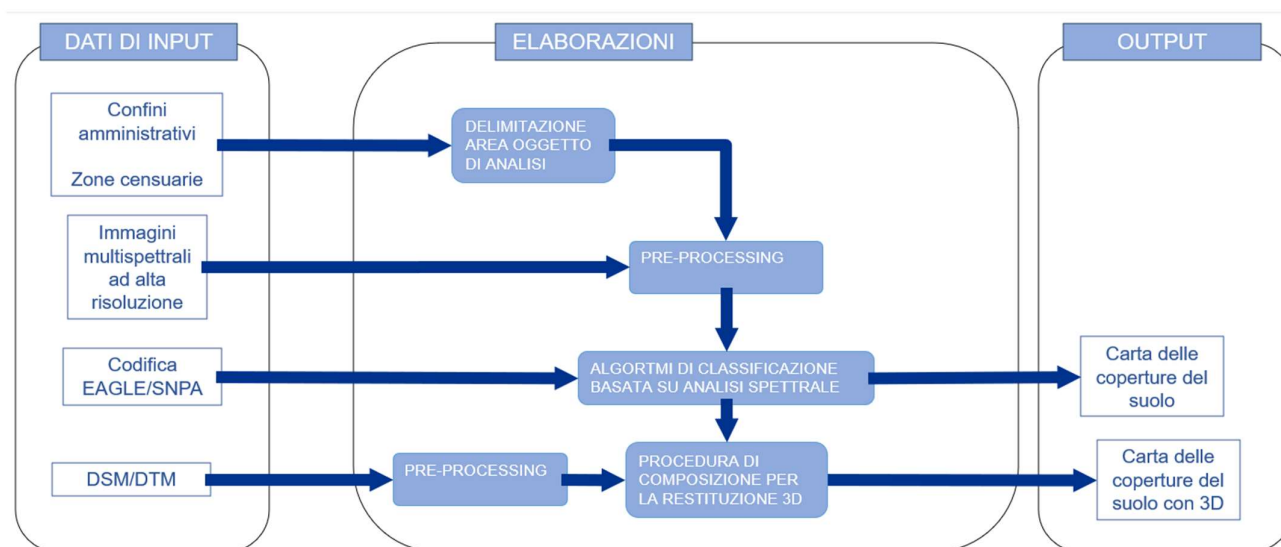


Figura 4 – Diagramma di flusso del servizio applicativo – Scenari 2b

1.6.7 Analisi della Complessità Computazionale

Il calcolo della complessità computazionale di questo applicativo ed in generale di tutti i modelli e gli algoritmi che costituiscono questo verticale, che lavorano su dati con moli molto elevate, è un aspetto fondamentale nell'analisi e nella progettazione stessa del verticale, in quanto impatta direttamente sulle dotazioni richieste all'architettura, sulle capacità HPC richieste al sistema e sui tempi di elaborazione offerti all'utente.

Per questo applicativo la complessità è direttamente correlabile a:

- Estensione dell'area oggetto di indagine (maggiore è la scala, superiore è il carico)
- Tipologia dei dati di input al modello
- Sottosistemi della pipeline di elaborazione attivati (per es. sola elaborazione carta delle coperture vs elaborazione carta delle coperture con informazione 3D)

1.6.8 Casistica di Utilizzo

Come indicato nella sezione dell'architettura, l'Intelligence Platform offre una soluzione trasversale per la progettazione e l'esecuzione di processi elaborativi complessi sottesi all'implementazione degli algoritmi e dei modelli supportati dal sistema. Nello specifico la componente applicativa è presa a riferimento per il presente Servizio Applicativo e verrà impiegata nei limiti imposti dall'integrazione delle sue componenti e dall'interazione con ulteriori moduli applicativo necessari alla sua esecuzione.

Essendo tra le prerogative di questa componente la possibilità di razionalizzare il processo applicativo attraverso una notazione grafica (workflow elaborativo) si riporta di seguito la rappresentazione logica del flusso elaborativo di questo servizio applicativo.

Da notare che i differenti scenari sopra ipotizzati sono declinabili in più workflow elaborativi.

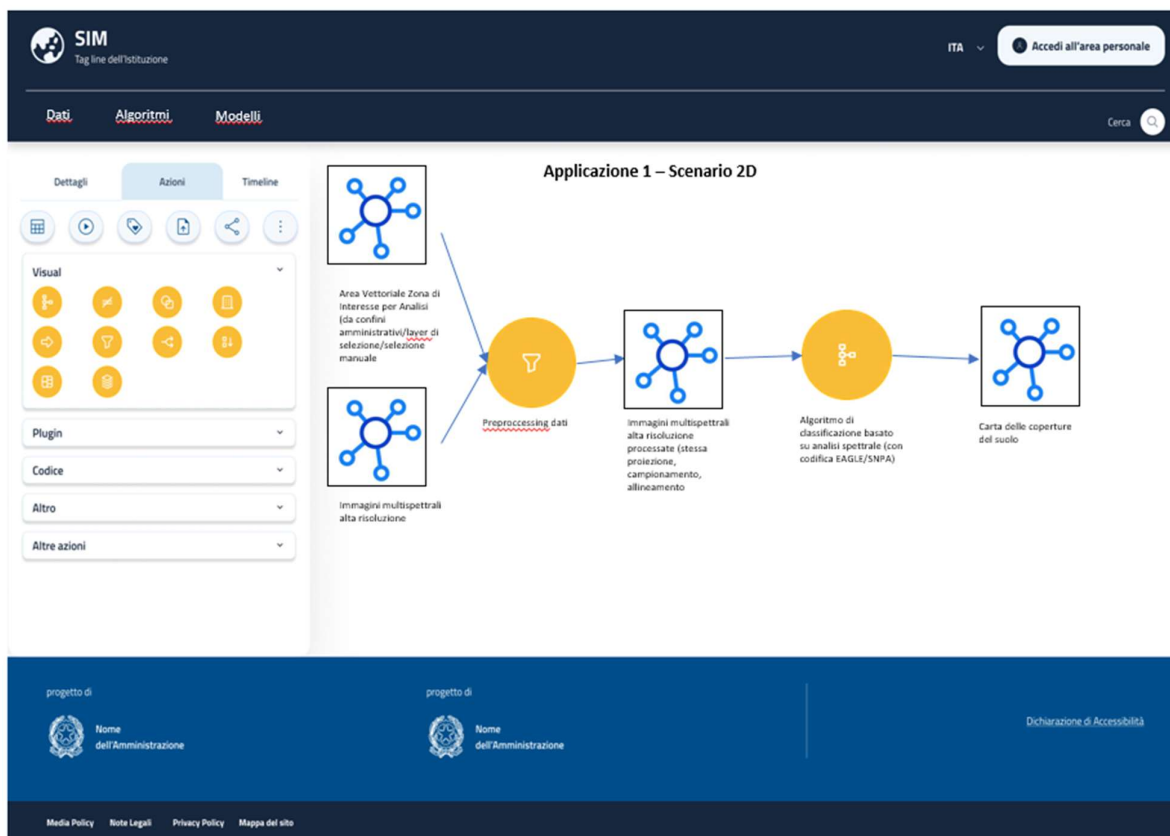


Figura 5 – Rappresentazione logica del flusso elaborativo scenario 2D

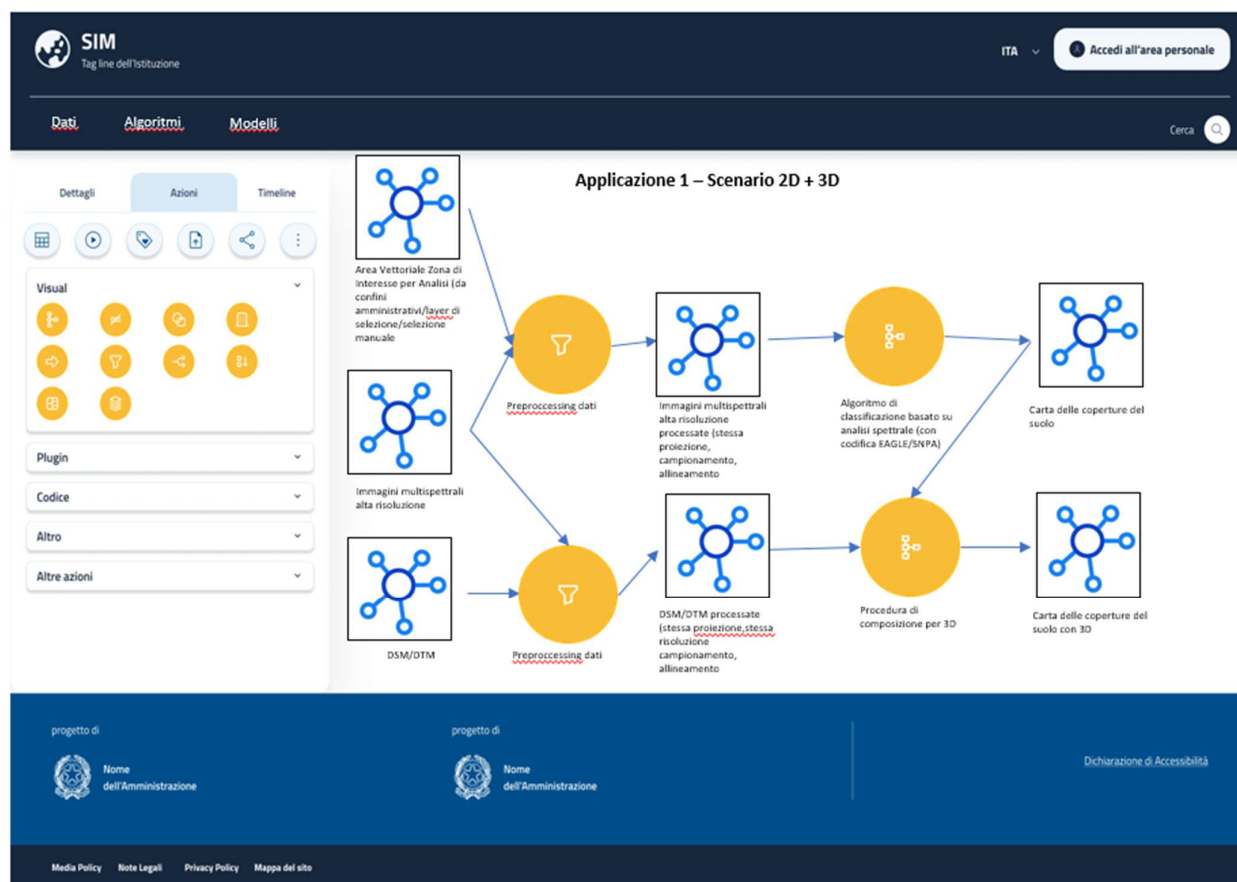


Figura 6 – Rappresentazione logica del flusso elaborativo scenario 2D + 3D

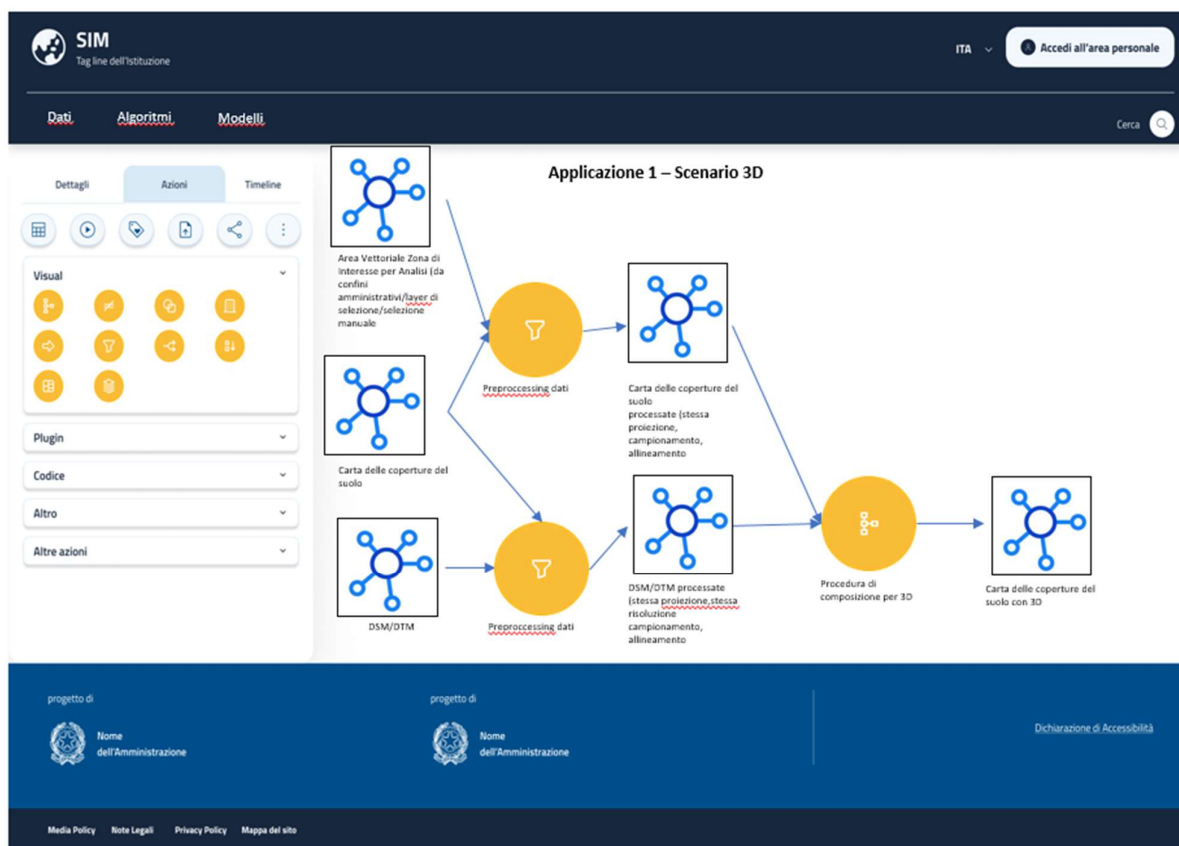


Figura 7 – Rappresentazione logica del flusso elaborativo scenario 3D

A prescindere dallo scenario di riferimento adottato per il workflow elaborativo, il dato sarà costituito da un'immagine in formato raster classificata secondo la codifica predefinita in fase iniziale dall'utente. Qualora il workflow preveda l'elaborazione 3D, l'immagine sarà corredata delle informazioni di altezza per ogni pixel e del layer informativo contenente le incoerenze tra la classe di copertura e l'informazione 3d. In figura si riporta a titolo esemplificativo una mappa codificata secondo il livello 2 delle specifiche fornite dall' SNPA.

1.6.9 Misure di Validazione e Verifica

Il processo di validazione e verifica dell'applicativo sottende ad accertare il corretto funzionamento di componente tecnologica e applicativa, modelli di elaborazione, dati e formati trattati in ingresso e in uscita e interfaccia utente ove prevista.

A questo scopo è prevista:

- La definizione di librerie di test condivise con gli utenti che, eseguiti in forma automatica o manuale, provvedono a valutare il funzionamento di singole parti o di processi strutturati di funzionamento e/o interazioni.
- Set di dati condivisi con gli utenti utili ad effettuare le operazioni di test

Le attività di test prevedono l'attribuzione di un esito di funzionamento per ogni caso di test, individuando eventuali anomalie bloccanti, anomalie non bloccanti, avvertimenti e nice-to-have.

1.7 Dati di output

1.7.1 Introduzione

L'applicativo creerà come output una mappa delle coperture del suolo classificate secondo il sistema EAGLE/SNPA con le informazioni 3D degli elementi presenti al suolo.

1.7.2 Elenco Dati di Output

Il servizio applicativo produrrà:

- la carta di copertura del suolo con classificazione EAGLE-SNPA in formato sia vettoriale che raster
- la carta di copertura del suolo con classificazione EAGLE-SNPA con le informazioni sulle altimetrie degli elementi presenti al suolo selezionati in formato sia vettoriale che raster.
- Il report sullo stato dell'esecuzione

| ID | Descrizione | Proprietà dei Dati (owner) | Soluzioni per l'Accesso ai Dati | Frequenza di Aggiornamento | Caratteristiche e Sensibilità Dato | Criticità |
|-------------|--|--|---------------------------------|---|------------------------------------|--|
| V4AP01_DO01 | Carta delle coperture del suolo (sistema di classificazione EAGLE e SNPA) | utente che ha richiesto l'elaborazione | Piattaforma interattiva e/o API | Annuale o on demand | si | Prima di essere condivisa nell'ambito del SIM deve essere validata |
| V4AP01_DO02 | Carta delle coperture del suolo comprensiva dell'informazione e 3D degli oggetti presenti al suolo (sistema di classificazione EAGLE e SNPA) | utente che ha richiesto l'elaborazione | Piattaforma interattiva e/o API | Annuale o on demand | si | Prima di essere condivisa nell'ambito del SIM deve essere validata |
| V4AP01_DO03 | Report sullo stato dell'esecuzione | utente che ha richiesto l'elaborazione | Piattaforma interattiva e/o API | Al completamento di ogni iterazione routinata | | |