



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

# Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

## Progetto Esecutivo

### ALLEGATO \_V4\_C.U.4.2

Consumo di suolo per il monitoraggio delle variazioni da naturale ad artificiale e da artificiale ad artificiale



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

## Storia del documento

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

## Sommario

1	CU.V4.2 – Consumo di suolo per il monitoraggio delle variazioni da naturale ad artificiale e da artificiale ad artificiale .....	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.....	6
1.1.5	Benefici Attesi.....	7
1.1.6	Vincoli e Limitazioni.....	7
1.1.7	Stakeholders Coinvolti .....	8
1.1.8	Conclusione e Riepilogo .....	8
1.2	Requisiti funzionali.....	9
1.2.1	Elenco dei Requisiti Funzionali.....	9
1.2.2	Requisiti non Funzionali Correlati .....	13
1.2.3	Vincoli e limitazioni.....	14
1.3	Architettura logico-applicativa del Sistema.....	14
1.3.1	Requisiti Non-Funzionali .....	14
1.3.2	Diagramma Architetturale .....	15
1.3.3	Piattaforme SIM utilizzate.....	19
1.4	Dati di Input.....	25
1.4.1	Introduzione ai Dati di Input.....	25
1.4.2	Catalogo delle Fonti di Dati.....	25
1.4.3	Specifiche di Contenuto .....	26
1.5	Sistemi Federati .....	26
1.5.1	Introduzione ai Sistemi Federati.....	26
1.5.2	Elenco dei Sistemi Federati.....	27
1.6	Funzioni, Algoritmi e Modelli .....	27

1.6.1	Introduzione e Panorama Generale.....	27
1.6.2	Criteri di Selezione.....	28
1.6.3	Tipologie di Funzioni Applicative .....	28
1.6.4	Dettagli sugli Algoritmi .....	28
1.6.4.1	Pre-elaborazione.....	29
1.6.4.2	Algoritmi di classificazione basati su analisi spettrale.....	29
1.6.4.3	Validazione della classificazione .....	30
1.6.4.4	Algoritmo di Change Detection su immagini classificate .....	30
1.6.4.5	“Change detection” su immagini non classificate.....	30
1.6.5	Interazione tra Algoritmi e Modelli.....	30
1.6.6	Analisi della Complessità Computazionale .....	31
1.6.7	Casistica di Utilizzo .....	31
1.6.8	Misure di Validazione e Verifica .....	33
1.7	Dati di output.....	33
1.7.1	Introduzione.....	34
1.7.2	Elenco Dati di Output .....	34

## 1 CU.V4.2 – Consumo di suolo per il monitoraggio delle variazioni da naturale ad artificiale e da artificiale ad artificiale

### 1.1 Obiettivo del servizio applicativo

Implementazione di un servizio applicativo per l'analisi e del consumo di suolo per il monitoraggio delle sue variazioni

#### 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.

Il consumo di suolo, in particolare, è un fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale. Il fenomeno si riferisce, quindi, a un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative. È un processo prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici e infrastrutture, all'espansione delle città, alla densificazione o alla conversione di terreno entro un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio.

La variazione delle coperture del suolo nel verso della rinaturalizzazione dà invece conto della attuazione di politiche urbanistiche volte alla attuazione dell'obiettivo del "bilancio zero", o "azzeramento del bilancio netto di consumo di suolo" entro il 2050 statuito dalla "Strategia sul suolo 2030" approvata dalla Commissione europea nel 2021, che alcune regioni italiane stanno adottando. Si segnala, a tal proposito, che è attualmente alla valutazione degli stati membri la proposta di Direttiva europea sui suoli, che applicazione alla Strategia già adottata.

#### 1.1.2 Scopo Generale

L'applicativo ha l'obiettivo di fornire risorse informative e di calcolo orientate alla produzione di mappe di copertura e di variazione della copertura del suolo, tanto nel verso della perdita che del guadagno di suolo naturale, coerente con il sistema di monitoraggio del SNPA. L'ipotesi operativa è che tale sistema di monitoraggio possa attivarsi:

- a scala territoriale (ad esempio regionale), per restituire quadri informativi che diano conto delle trasformazioni di suolo occorse nel verso naturale-artificiale, e in quello artificiale-naturale;
- localmente allo scopo di produrre quadri informativi dettagliati che possano eventualmente consentire anche individuazione di cambiamenti relativi alla modifica di copertura su suoli già a copertura artificiale (artificiale-artificiale).

I due livelli di analisi utilizzano risorse di calcolo condivise, applicate a fonti informative di diversa natura e dettaglio informativo.

### 1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave

Il monitoraggio dei cambiamenti del territorio, con particolare riferimento a quelli legati al consumo di suolo, è un tema significativo perché legato a processi di trasformazione del territorio che determinano una perdita di risorsa fondamentale – il suolo – con le sue funzioni e i relativi servizi ecosistemici.

Altrettanto rilevante è la possibilità di tracciare tutti i cambiamenti che permettano di monitorare lo stato di attuazione, in Italia, della Strategia europea sui suoli.

L'applicativo verticale si configura come un ambiente integrato in cui l'utente di riferimento accede mediante profilazione all'interfaccia dedicata dove vengono rese disponibili funzionalità per la selezione dei dati di input e di elaborazione dei dati geografici.

L'applicativo richiede la disponibilità di dati di osservazione della terra ad alta o altissima risoluzione, e di algoritmi per:

- classificare le immagini secondo una legenda data;
- validare la classificazione;
- effettuare una "change detection" su immagini classificate;
- classificare le variazioni identificate secondo il verso di variazione (Naturale-Artificiale; Artificiale -Naturale; Artificiale -Artificiale; Naturale-Naturale)
- effettuare una "change detection" su immagini non classificate;

Il risultato atteso è una mappa che mostra le variazioni occorse e dovrà essere sottoposta successivamente ad un processo di validazione prima di essere condivisa nel SIM.

### 1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati

Tematiche	Obiettivi Correlati
Monitoraggio del territorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• avere un quadro periodicamente aggiornato dell'evoluzione dei fenomeni che caratterizzano il cambiamento del territorio</li> <li>• ottenere uno strato informativo di base, coerente su tutto il territorio nazionale, utilizzabile per elaborazioni di carte tematiche specialistiche</li> </ul>

Per assicurare l'attività di monitoraggio delle variazioni di copertura del suolo è stato ipotizzato che l'applicativo sostenga tre distinte procedure operative:

1. effettuazione di una analisi di tipo "change detection" applicata a dati di copertura del suolo già disponibili al SIM o all'utente;
2. classificazione di immagini ad alta risoluzione disponibili alle date di interesse e applicazione di una analisi di "change detection" (scala regionale);
3. analisi di change detection su immagini ad altissima risoluzione (scala locale).

Per le analisi di tipo 2 il SIM metterà a disposizione il complesso delle immagini ad alta risoluzione disponibili alle date di interesse (correntemente dati della Missione Copernicus; in prospettiva dati della Missione Iride) dell'utente dell'applicativo.

Per le applicazioni di scala locale è invece ipotizzato di integrare il processo analitico con l'utilizzo di fonti informative ad altissima risoluzione, come quelle prodotte con sensori aviotrasportati o acquisite da droni, allo scopo di specificare le variazioni intercorse all'interno del suolo già edificato. Questo secondo tipo di analisi è condizionato dalla disponibilità di dati multitemporali dotati della risoluzione necessaria.

#### 1.1.5 Benefici Attesi

Il principale beneficio atteso dalla implementazione ed utilizzazione dell'Applicativo risiede nella possibilità di produrre quadri informativi omogenei alla scala nazionale, ciò che potrà costituire lo strumento con cui il nostro Paese potrà rendicontare lo stato di raggiungimento degli obiettivi posti dalla strategia europea sui suoli.

Inoltre, la comparabilità dei dati tra i diversi contesti territoriali potrà fornire supporto alla Amministrazione Centrale (MASE) e alle Amministrazioni locali (Regioni) per la definizione di politiche mirate al contenimento del consumo di suolo.

#### 1.1.6 Vincoli e Limitazioni

L'applicativo nel suo insieme, gli algoritmi, i sistemi di rappresentazione grafica e di produzione degli output possono essere soggetti a vincoli e limitazioni legate ai dati di input, di carattere tecnologico e normativo qui riportati.

Famiglia	Vincolo/Limitazione	Nota
Dato di Input	Disponibilità	Il rispetto dei livelli di servizio nella produzione degli output è condizionato alla disponibilità del dato di input.
	Frequenza aggiornamento	Il parametro condiziona a vincola la frequenza di aggiornamento degli output
	Formato	I formati di ricezione degli input devono essere compatibili con le standardizzazioni di mercato e opportunamente strutturati per consentire la piena trasmissione del dato geografico e di tutti i metadati ad esso associati che sono impiegati dagli algoritmi
	Risoluzione spaziale	La risoluzione del dato di ingresso impone un implicito vincolo sugli output di tutti gli algoritmi che non potranno generare output a risoluzione superiore dei dati forniti per l'elaborazione
	Pre-processing	Tutti gli input che richiedono pre-trattamento e/o trasformazione, pongono il vincolo della conoscenza e

Famiglia	Vincolo/Limitazione	Nota
		disponibilità degli algoritmi necessari a questo compito e di tutti i dati e/o librerie necessarie. (per es. il pre-trattamento di una acquisizione da drone con formato proprietario richiede i reader e i sistemi di processing del produttore della tecnologia)
Processing	Carico computazionale	Tutti gli algoritmi che richiedono un carico computazionale che esula dalle normali elaborazioni GIS sostenibili da server elaborativi (per esempio architetture HPC con cluster estesi) richiedono preventiva verifica tecnica per comprendere applicabilità e livelli di servizio.

### 1.1.7 Stakeholders Coinvolti

Gli utenti dell'applicativo sono primariamente tutti quelli partecipanti al Sistema nazionale protezione ambiente (SNPA), a cui si aggiungono tutti i soggetti che per finalità di controllo o di studio sono interessati alla tematica del monitoraggio del suolo.

Un elenco non chiuso di tali soggetti è quello di seguito riportato.

Stakeholders	Tipologia interazione
ISPRA	Componente SNPA –utilizzatore
Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA)	Componente SNPA –utilizzatore
Agenzie delle Province autonome per la Protezione dell'Ambiente (APPA)	Componente SNPA –utilizzatore
MASE	Fruitore dell'output
Corpo delle Capitanerie di Porto - Guardia Costiera	Fruitore dell'output
CUFAA	Utilizzatore
ENEA	Fruitore dell'output
Istituti ed Enti di ricerca	Utilizzatori

### 1.1.8 Conclusione e Riepilogo

L'applicativo è sviluppato con specifico riferimento ad una tematica la cui rilevanza è in costante crescita all'interno delle strategie europee e delle politiche nazionali. Questa tematica riveste inoltre un ruolo specifico all'interno dei processi amministrativi concernenti il governo del territorio, che le



Regioni devono regolare in una prospettiva di sempre maggiore aderenza ad una prospettiva di sostenibilità.

La disponibilità delle risorse informative e di calcolo che l'applicativo mette a disposizione costituisce un elemento abilitante nel verso del supporto alla definizione di azioni consapevoli nel governo delle trasformazioni territoriali.

Sotto un profilo tecnico di contenuto, l'utilizzazione estesa dell'Applicativo permetterà di avere una conoscenza omogenea e comparabile dello stato del territorio nazionale, utilizzabile sia in ambito interno che per la obbligatoria comunicazione verso la Comunità Europea.

## 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
V4AP02_RF001	Selezione dei dati di input	Questo requisito è relativo alla selezione dei dati necessari al workflow e, dipendentemente dalla procedura adottata attinge da: <ul style="list-style-type: none"> <li>- dati di copertura del suolo disponibili al SIM</li> <li>- immagini ad alta o altissima risoluzione</li> <li>- dati da upload utente</li> </ul>	I dati necessari al flusso di elaborazione sono selezionati dall'utente e reperiti all'interno della piattaforma attraverso l'impiego della componente Data Catalog del SIM.	
V4AP02_RF002	Verificare esistenza dei dati di input	Definito intervallo temporale di analisi, il servizio applicativo genera una mappatura del soddisfacimento della presenza del dato (accertando che esistono i due dati riferiti all'inizio e	Il sistema opera un'analisi sulle fonti dati presenti per l'intervallo temporale indicato.	Si effettua una verifica di presenza della fonte dati nel DataCatalog del SIM.

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione	Implementazione
		fine del periodo di analisi).		
V4AP02_RF003	Algoritmi di pre-elaborazione	Questo requisito riguarda l'implementazione di algoritmi di pre-processing necessari nel caso di dover procedere alla classificazione di immagini. <ul style="list-style-type: none"> <li>- radiometric correction</li> <li>- atmospheric correction</li> <li>- geometric correction</li> </ul>	Approfondito in Dettali sugli Algoritmi	Le routine di preelaborazione del dato vengono integrate per rendere lo stesso fruibile dai successivi step di elaborazione
V4AP02_RF004	Algoritmi classificazione supervised	Permette all'utente di: <ul style="list-style-type: none"> <li>- identificare interattivamente le aree di training per la classificazione</li> <li>- selezionare le aree dalla libreria della training area.</li> </ul> Effettua la classificazione	Approfondito in Dettali sugli Algoritmi	Vengono impiegati Tecnologie di base dell'Intelligent platform per integrare funzioni, modelli e algoritmi del servizio applicativo
V4AP02_RF005	Change detection su immagini classificate	Permette l'identificazione delle variazioni in tutte le direzioni	Approfondito in Dettali sugli Algoritmi	
V4AP02_RF006	Validazione della classificazione	Permette di: <ul style="list-style-type: none"> <li>- analizzare i risultati statistici della classificazione</li> <li>- effettuare un test di validazione</li> </ul>	Approfondito in Dettali sugli Algoritmi	
V4AP02_RF007	Change detection automatica su immagini non classificate	Il SIM rende disponibili diversi metodi di analisi:	Approfondito in Dettali sugli Algoritmi	

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione	Implementazione
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- image differencing</li> <li>- analisi a componenti principali</li> <li>- AI: deep feature extraction and comparison</li> </ul>		
V4AP02_RF008	Produzione mappe tematizzate	Produzione di mappe tematizzate che rappresenteranno le variazioni che sono state oggetto di analisi	Visualizzazione su interfaccia operativa	La visualizzazione cartografica è implementata utilizzando librerie web-GIS su interfaccia operativa
V4AP02_RF009	Esportazione dei dati	L'utente potrà effettuare il download dei dati sia raster che tabellari	si provvederà a strutturare un modulo applicativo supportante le conversioni in formati standard ( per esempio geo-tiff per dati spaziali o pdf)	Vengono utilizzate le componenti standard offerte dalla intelligence Platform
V4AP02_RF010	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.
V4AP02_RF011	Generazione report sulle variazioni rilevate	Il SIM dovrà predisporre un report di sintesi sulle variazioni rilevate, riportando le principali informazioni e statistiche di sintesi	Creazione e disponibilità di un report di sintesi riportante le informazioni principali sulle variazioni rilevate per tipologia	

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 necessarie al workflow e, dipendentemente dalla procedura, descritta in seguito, attinge da:

- dati di copertura del suolo disponibili nel SIM;
- immagini ad alta o altissima risoluzione;
- dati da upload utente.

Nel caso di utilizzo delle immagini di alta/altissima risoluzione, per alimentare gli algoritmi di classificazione *supervised* viene richiesto all'utente di identificare interattivamente le aree di training per la classificazione o selezionare le aree dalla libreria delle training area.

Definito l'intervallo temporale di analisi, il servizio applicativo verifica la presenza delle fonti dati per l'analisi. Qualora non sia presente il dato per uno dei due estremi (data di inizio o fine), il sistema informa l'utente di impossibilità a procedere. In caso contrario viene permesso l'avvio dell'elaborazione.

All'avvio il servizio applicativo informa l'utente dell'avvenuta partenza del processo elaborativo in forma non bloccante (background) consentendogli la continuità operativa.

L'elaborazione procede all'esecuzione degli algoritmi di pre-elaborazione, classificazione, change detection su immagini classificate (se impiegate immagini di alta/altissima risoluzione), change detection automatica su immagini non classificate.

Al termine del processo elaborativo, il servizio applicativo provvede a notificare l'esito nelle due forme:

- interattiva, nel caso di utente presente sul sistema;
- inviando una mail di notifica

In entrambi i casi si offre all'utente un riferimento per l'accesso all'output che viene presentato come mappa tematica.

La produzione della mappa tematica risultato dell'elaborazione costituisce un output grafico costituito da mappe in formato raster che rappresenteranno le variazioni che sono state oggetto di analisi. Nella fruizione del dato l'utente potrà visualizzarlo utilizzando librerie web-GIS su interfaccia operativa. 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 attraverso download.

L'Utente potrà visualizzare ed esportare un report di sintesi riportante le informazioni principali relative alle variazioni rilevate, organizzate sulla base di specifiche richieste dell'Utente (per tipologia, per area amministrativa...).

## 1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione
V4AP02_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.
V4AP02_RNF002	Stato delle informazioni: metadati a corredo	I set informativi oggetto di elaborazione 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.	Vedasi descrizione presente nel master.
V4AP02_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.
V4AP02_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 necessario prevedere un blocco eseguibile secondo uno specifico privilegio di ruolo, che consenta la "validazione" formale e con valenza amministrativa delle elaborazioni effettuate.	Vedasi descrizione presente nel master.
V4AP02_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.
V4AP02_RNF006	Blocchi funzionali per i processi amministrativi:	Prevedere la possibilità di creare fascicoli documentali, con accesso controllato da parte di utenti.	Vedasi descrizione presente nel master.

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione
	fascicolazione documentale.		
V4AP02_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.
V4AP02_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.
V4AP02_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.

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

Requisito	Descrizione
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
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
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)
COMPATIBILITÀ	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
LOGGING	I log devono essere categorizzati e ordinabili per priorità (es: FATAL, ERROR, WARNING, ...), ordinabili per data e riconoscibili univocamente
LOGGING	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 Architeturale

Di seguito è descritta l'architettura del sistema per l'implementazione dell'applicativo 2 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 all'utente per mappe di variazione del consumo del suolo a partire da carte di copertura del suolo o da immagini multispettrali ad alta risoluzione. L'interfaccia grafica è integrata nella Digital eXperience Platform.
2. Per accedere alle funzionalità, 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, integrate attraverso IAM.
3. Superato il processo di autenticazione, l'utente accede all'interfaccia web dove può ricercare e visualizzare le mappe tematiche elaborate in precedenza. Le mappe sono visualizzabili con gli strumenti WebGIS a disposizione. Dall'interfaccia l'utente può avviare un processo di elaborazione per la creazione di nuove mappe tematiche relative alla variazione di 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 di variazione del consumo del suolo, l'utente deve selezionare l'ambito procedurale per l'elaborazione. Questo condiziona il tipo di input che verrà proposto all'utente in fase di selezione dei dati da utilizzare per l'elaborazione.
5. Successivamente, 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 layer vettoriali disponibili sul SIM quindi utilizzati per la delimitazione del perimetro tramite selezione da elenco o interagendo direttamente sulla mappa, oppure effettuando l'upload di un layer vettoriale. La selezione può essere fatta anche eseguendo una query su un layer selezionato. In tutti i casi si ottiene un vettoriale dell'area di interesse, che verrà utilizzata come filtro territoriale per i dati in input dell'elaborazione. I layer disponibili sul SIM vengono recuperati tramite Master Catalog quindi tramite chiamate via API Gateway al sistema federato.
6. Nella fase successiva, 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 all'ambito procedurale selezionato dall'utente ed al perimetro di analisi selezionato dall'utente: l'utente può selezionare due mappe di copertura del suolo, appartenenti a tempi diversi, che delimitano il periodo a cui si riferisce l'analisi della variazione, oppure può utilizzare immagini ad alta o altissima risoluzione in alternativa ad una mappa del consumo del suolo. L'utente ha anche l'opzione di effettuare l'upload di dati in formati compatibili con la piattaforma da utilizzare come input in tutti gli ambiti procedurali. Questi dati vengono persistiti all'interno su object storage tramite API dedicate. È possibile per l'utente utilizzare ulteriori filtri per restringere l'elenco di dati disponibili. Le integrazioni con il Master Catalog avvengono tramite API ed Integration Platform.
7. In seguito alla conferma da parte dell'utente dei parametri di esecuzione descritti sopra, 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. Queste vengono persistite in un'area di lavoro temporanea su Object Storage, che verrà cancellata al completamento 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 dell'workflow implementato all'interno dell'intelligence platform. L'workflow include diversi algoritmi eseguiti in serie, a partire dal preprocessing volto all'allineamento geografico dei dati, correzione radiometrica, atmosferica e geometrica, algoritmi di classificazione supervisionata fino ai modelli di change detection che generano le mappe di variazione del consumo del suolo.
9. 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. Viene impiegato il GIS Server per interagire con la mappa tematica generata.
10. 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.
11. 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 dell'analisi

di variazione consumo del suolo 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 mappe tematiche di variazione del consumo del suolo a partire dai dati selezionati dall'utente
  - la Data Platform che persiste i dati di output risultanti sul DB e Object Storage (area di lavoro utente)
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 architeturale dell'applicativo 2 secondo lo schema dei servizi standard SIM:

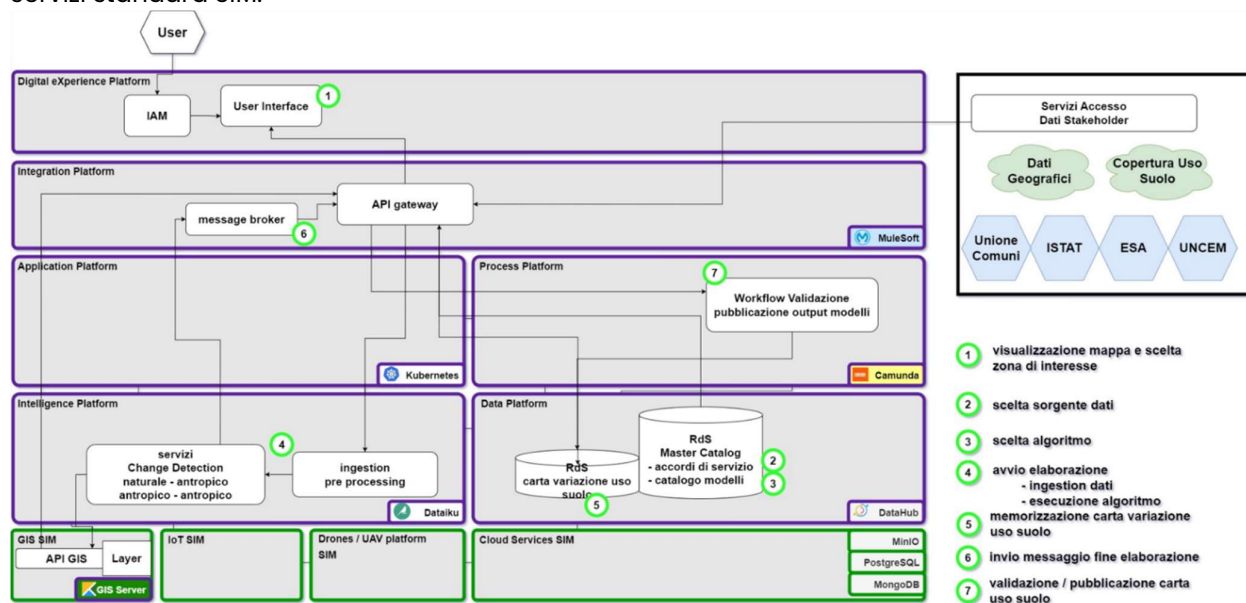


Figura 1 Diagramma Architeturale

### 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

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			attraverso pipeline di CI/CD.
	Software Forge	SI	Tutte le componenti applicative sono soggette a versionamento e 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, in termini di monitoraggio dello stato di salute del sistema ed il tracciamento delle attività sull'applicativo. Tutte le componenti applicative integrano procedure atte a generare informazioni orientate all'osservabilità
Process Platform	Business Process Modelling	NO	
	Workflow Engine	SI	Viene integrato un workflow di validazione output orientato alla pubblicazione dei

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			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	Data l'eterogeneità dei dati presenti è necessario uniformare i dati nelle operazioni che coinvolgono fonti dati con diversi formati e/o proiezioni
	Business Intelligence tools	NO	
	Metadata Management tools	SI	L'integrazione con il Master Catalog 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

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			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 e lo status in ogni momento
	ML Scaling Framework	NO	
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	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	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	
	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	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	Service Access Polices	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 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 selezionare



MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			l'area attraverso query geospaziali
	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

I dati di Input necessari si riassumono nelle seguenti categorie:

- Immagini ad alta risoluzione multispettrale;
- Carta della copertura del suolo (ISPRA);
- Confini amministrativi (ISTAT);
- Perimetrazione area di interesse.

Inoltre, si rende necessaria la codifica di classificazione che si vuole utilizzare per le diverse variazioni individuate.

### 1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati

ID	Nome Sorgenti Dati	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del dato	Criticità
V4AP02_DI01	Confini amministrativi	ISTAT	Servizio applicativo	Annuale	Online / On demand	Unclassified	Dato di input per delimitare l'area oggetto di analisi	
V4AP02_DI02	Carta copertura del suolo	ISPRA	Servizio applicativo	Annuale/Periodica	online	Unclassified	Dato di input per algoritmo di classificazione basato	

ID	Nome Sorgenti Dati	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del dato	Criticità
							su analisi spettrale	
V4AP02_DI03	Immagini ad alta risoluzione multispettrale	IRIDE Service Segment / ESA	Online	Secondo accordi con il provider	API / Stream	Unclassified	Dato di input per algoritmo di classificazione	Dato attualmente non disponibile. Criticità legata alle caratteristiche non note del dato

### 1.4.3 Specifiche di Contenuto

ID	Specifiche di contenuto
V4AP02_DI01	Confini amministrativi - Il dato deve rappresentare i limiti amministrativi di ciascuna Entità amministrativa (Regione, Provincia, Comune) al fine di consentire la delimitazione dell'area di interesse e di analisi.
V4AP02_DI02	Carta copertura del suolo - Il dato deve rappresentare la classificazione a livello nazionale delle diverse categorie di copertura del suolo. Tale dato rappresenta l'elemento di base per le analisi previste nel presente Applicativo.
V4AP02_DI03	Immagini ad alta risoluzione multispettrale - Al fine di analizzare le variazioni di copertura del suolo si rende necessaria la acquisizione di immagini ad alta risoluzione di tipo multispettrale, con risoluzione opportuna in relazione alla accuratezza attesa del risultato dell'analisi.

## 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 primo set di sistemi informativi appartenenti alla federazione SIM di seguito elencati.

### 1.5.2 Elenco dei Sistemi Federati

Di seguito si riporta un elenco tabulare dei sistemi federati, ognuno con un identificativo univoco, che sarà utilizzato per la federazione e l'interoperabilità.

ID	Nome Sistema Federato	Descrizione Sis Fed	Proprietà del servizio (owner)	Modalità di Interazione	Caratteristiche Sensibilità Servizio
V4AP02_SF01	SNPA	I dati e le informazioni geografiche, territoriali e ambientali raccolti da ISPRA e SNPA sono catalogati e resi pubblici e accessibili, anche in tempo reale, nell'ambito del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA)	ISPRA	Interoperabilità	no
V4AP02_SF02	COPERNICUS	Fornisce dati di monitoraggio del territorio e dell'ambiente	ESA	Interoperabilità	no
V4AP02_SF03	ISTAT	ISTAT rende disponibili con frequenza di aggiornamento annuale i dati geografici relativi ai confini amministrativo	ISTAT	Interoperabilità	no
V4AP02_SF04	IRIDE Service Segment	Costellazione rivolta all'acquisizione di dati satellitari a differente frequenza (pancromatico, multispettrale, iperspettrale, infrarosso)	ESA	Interoperabilità	no

## 1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli

### 1.6.1 Introduzione e Panorama Generale

L'applicativo verticale si configura come un ambiente integrato in cui l'utente di riferimento accede mediante profilazione all'interfaccia dedicata dove vengono rese disponibili funzionalità per la selezione dei dati di input e di elaborazione dei dati geografici.

L'elaborazione viene avviata dall'utente selezionando i dati di input resi disponibili dall'interfaccia dedicata e, successivamente, l'applicazione elabora una serie di algoritmi per estrarre una carta tematica con i codici della copertura del suolo dei quali si vogliono valutare le variazioni.

Tale carta tematica viene successivamente sottoposta ad un processo di *change detection* per identificare le aree nelle quali sono avvenute le variazioni.

Infine, l'algoritmo di preelaborazione fornisce il dato vettoriale codificato con le informazioni di variazioni relative ai cambiamenti, intendendo le variazioni sia da naturale ad antropico che da antropico ad antropico.

Il risultato ottenuto è una mappa che mostra le variazioni e dovrà essere sottoposta successivamente ad un processo di validazione prima di essere condivisa.

#### 1.6.2 Criteri di Selezione

Gli algoritmi ed i modelli sono alternative best-in-class e più mature selezionate nel perimetro funzionale espresso dall'utente e considerando le condizioni al contorno imposte dai dati di input.

#### 1.6.3 Tipologie di Funzioni Applicative

Il servizio non prevede funzioni applicative, per il dettaglio elaborativo si rimanda al paragrafo "Interazione fra Algoritmi e Modelli".

#### 1.6.4 Dettagli sugli Algoritmi

L'applicativo prevede l'individuazione di cambiamenti della copertura del suolo confrontando una coppia di mappe generate al tempo T0 e T1, restituendone il consumo o il guadagno. Il consumo di suolo è un fenomeno associato alla perdita di una di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale a seguito di un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative, infrastrutturali e di trasformazione del territorio. Il consumo di suolo netto è valutato attraverso il bilancio tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuti a interventi di recupero, demolizione, rinaturalizzazione o altro.

L'applicativo prevede due scenari di utilizzo a seconda della disponibilità e dell'aggiornamento dei dati in input:

- Scenario 1: il SIM mette a disposizione una coppia di mappe di copertura del suolo aggiornate secondo i tempi T0 e T1 desiderati dall'utente.
- Scenario 2: Il SIM mette a disposizione una mappa di copertura del suolo relativa al tempo T0. L'utente genera la mappa al tempo T1 desiderato sfruttando il dato multi/iper-spetttrale aggiornato messo a disposizione dal SIM.

Per entrambi gli scenari è prevista una fase di preprocessing del dato che sfrutta blocchi funzionali comuni a diversi altri applicativi e messi a disposizione dal SIM. È 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).

#### 1.6.4.1 Pre-elaborazione

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 geo-processing e comprendono: ricampionamento, riproiezione, ortorettifica, coregistrazione, mosaico, subset da layer geografico (shapefile, raster) o subset manuale, calibrazione radiometrica e calibrazione atmosferica. Alcuni 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 mappe di coperture del suolo generate in tempi diversi e potenzialmente da sorgenti diverse. Il preprocessamento comprende:

- Scenario 1: georeferenziazione delle mappe di copertura del suolo (al T0 e T1) secondo un sistema cartografico proiettato comune e successiva coregistrazione.
- Scenario 2: georeferenziazione del dato multi/iper-spettrale (aggiornato al T1) secondo un sistema cartografico proiettato comune, calibrazione radiometrica ed atmosferica ed infine coregistrazione con la mappa di copertura del suolo al tempo T0.

#### 1.6.4.2 Algoritmi di classificazione basati su analisi spettrale

Limitatamente allo scenario 2, l'algoritmo supporta l'utente nella creazione di una carta di copertura del suolo aggiornata al T1 ricavata dal dato telerilevato, classificata basandosi sulle caratteristiche spettrali dei target presenti nella scena e raggruppati in classi secondo la matrice di classificazione EAGLE.

La classificazione sarà di tipo supervisionato e a questo scopo l'applicativo permetterà all'utente:

- di imputare direttamente le aree di training necessarie alla classificazione; tali aree potranno, a seguito della validazione della classificazione, essere salvate in una libreria di training areas, da rendere disponibile per operazione successive di classificazione;
- selezionare, dalla libreria delle aree di training, quelle di interesse.

Un esempio di algoritmo di classificazione, ampiamente utilizzato letteratura, in questa famiglia di algoritmi semi-automatici è lo spectral angol 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.

#### 1.6.4.3 Validazione della classificazione

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

#### 1.6.4.4 Algoritmo di Change Detection su immagini classificate

Le mappe di copertura del suolo (al T0 e T1) preprocessate, quindi allineate in termini geometrici e spaziali, possono essere composte in un layers stack e l'informazione di classificazione contenuta in ognuna nelle celle di risoluzione, confrontata univocamente. La procedura prevede la creazione di un unico layer di output nel quale, per ogni cella, viene segnalato la variazione della classe di copertura.

Per ciascuna cella variata, una successiva analisi delle grid di input permette di associare la specifica direzione di variazione (N-A; A-N; N-N; A-A).

Il consumo o guadagno di suolo attraverso un flag. Il confronto delle classi di copertura al T0 e T1 e la conseguente segnalazione di consumo e guadagno deve necessariamente seguire una codifica suggerita e condivisa con ISPRA.

#### 1.6.4.5 "Change detection" su immagini non classificate

Diversi algoritmi:

- image differencing
- analisi a componenti principali
- AI: deep feature extraction and comparison

#### 1.6.5 Interazione tra Algoritmi e Modelli

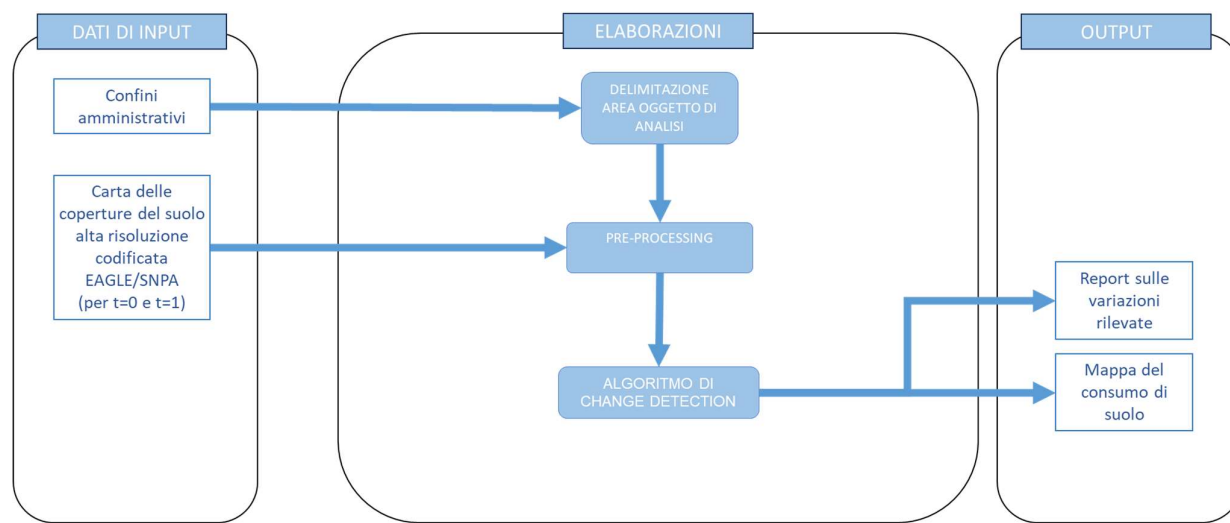


Figura 2-Diagramma di flusso del servizio applicativo – SCENARIO 1

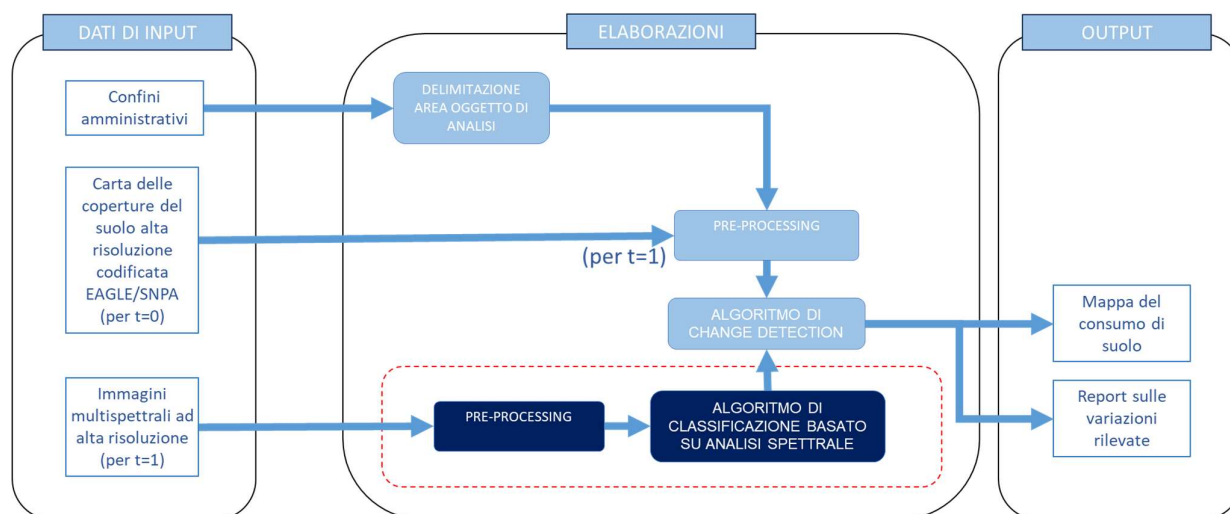


Figura 3-Diagramma di flusso del servizio applicativo – SCENARIO 2

### 1.6.6 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 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

### 1.6.7 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.

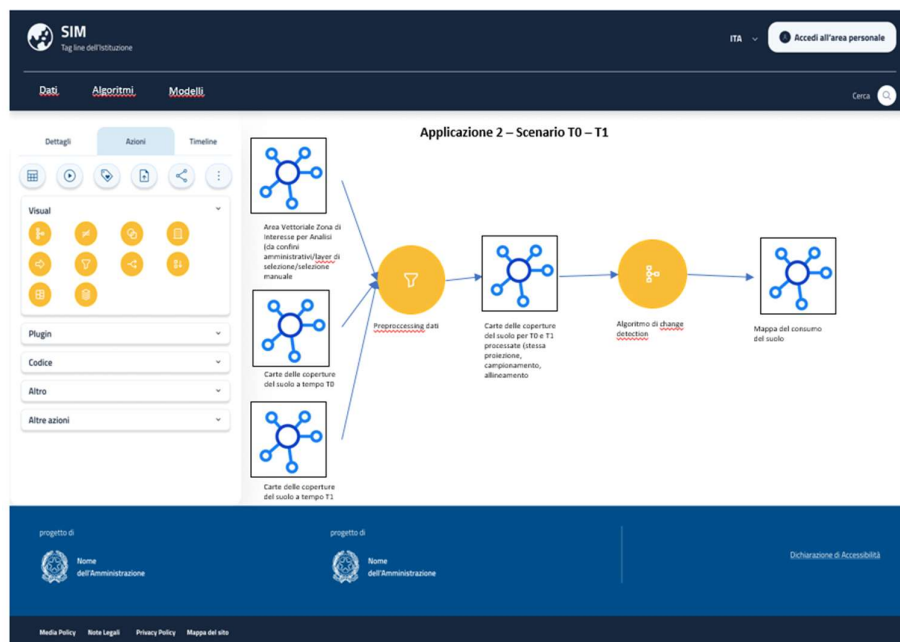


Figura 4-Rappresentazione logica del flusso elaborativo scenario T0-T1

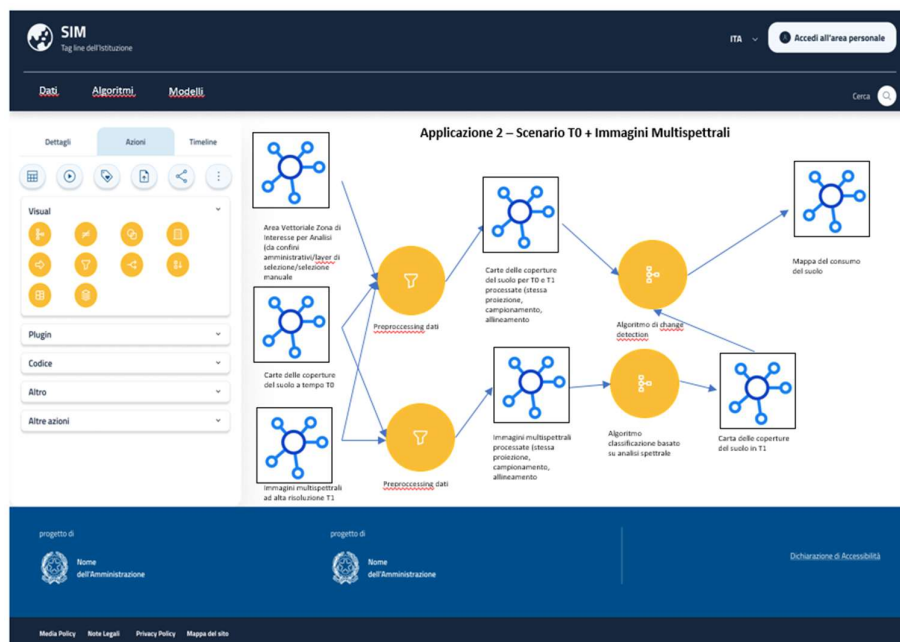


Figura 5-Rappresentazione logica del flusso elaborativo scenario T0 + Immagini Multispettrali



Il dato di output, costituito da una mappa classificata secondo codifica predefinita in fase iniziale dall'utente, sarà costituito da un'immagine in formato raster. In figura si riporta a titolo esemplificativo una mappa codificata secondo le specifiche fornite dall'SNPA.

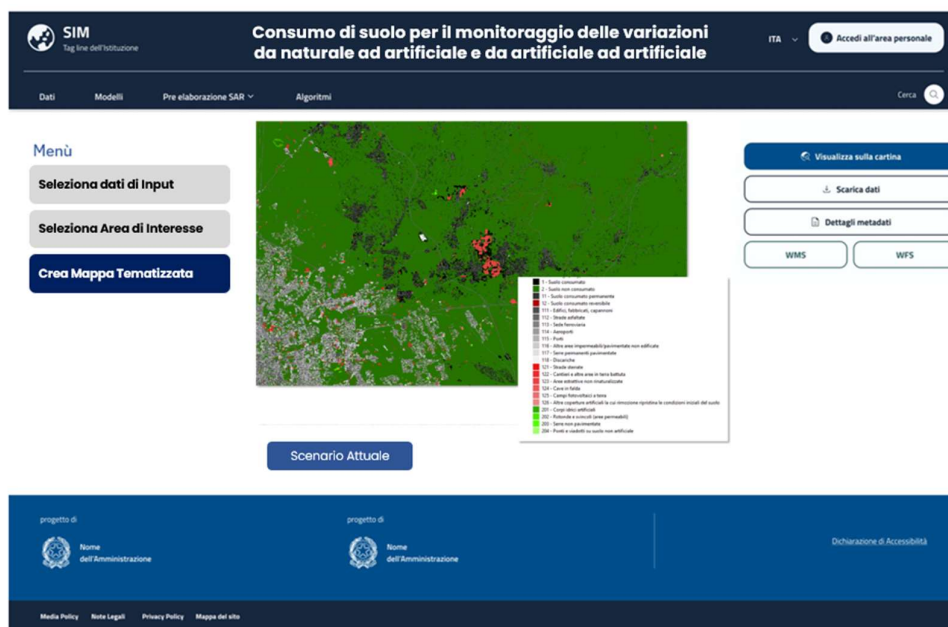


Figura 6-Esempio di Output previsto dall'applicativo

### 1.6.8 Misure di Validazione e Verifica

La verifica e validazione del flusso elaborativo previsto nell'Applicativo potrà essere effettuata analizzando puntualmente un numero campionario di punti della mappa analizzata, verificando in modo visivo la effettiva presenza di variazioni rilevate automaticamente nelle immagini di input.

Il processo di validazione e verifica dell'applicativo sottende inoltre 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 applicabili in future evoluzioni.

## 1.7 Dati di output

### 1.7.1 Introduzione

L'output finale prodotto da questo applicativo è costituito da una mappa che rappresenta i cambiamenti che sono avvenuti su una determinata porzione di territorio che l'utente ha precedentemente circoscritto. I cambiamenti che la mappa va a rappresentare sono sia da naturale ad antropico che da antropico ad antropico, codificati secondo le specifiche selezionate in input.

La mappa può essere quindi successivamente esportata e condivisa, dopo essere stata precedentemente sottoposta a processo di validazione.

### 1.7.2 Elenco Dati di Output

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità	
V4AP02_DO01	Mappa che rappresenta le variazioni del suolo da naturale ad antropico e da antropico ad antropico, codificate secondo le specifiche fornite da ISPRA /SNPA	ISPRA	Piattaforma interattiva e/o API	Annuale o on demand	Non rilevate	Prima di essere condivisa nell'ambito del SIM deve essere validata	
V4AP02_DO02	Report di sintesi relativo alle variazioni rilevate, organizzate in base alle specifiche necessità dell'Utente	ISPRA	Piattaforma interattiva e/o API	Annuale o on demand	Non rilevate	Non rilevate	Prima di essere condivisa nell'ambito del SIM deve essere validata