



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

# Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

## Progetto Esecutivo

**ALLEGATO \_V4\_C.U.4.5**

**Downstream smart forest environmental monitoring**



**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.V4.5 – Downstream smart forest environmental monitoring.....	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.....	6
1.1.6	Vincoli e Limitazioni.....	6
1.1.7	Stakeholders Coinvolti .....	6
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.....	13
1.3	Architettura logico-applicativa del Sistema.....	13
1.3.1	Requisiti Non-funzionali .....	13
1.3.2	Diagramma Architeturale .....	15
1.3.3	Piattaforme SIM utilizzate.....	18
1.4	Dati di input.....	24
1.4.1	Introduzione ai Dati di Input.....	24
1.4.2	Catalogo delle Fonti di Dati.....	24
1.4.3	Specifiche di contenuto.....	25
1.5	Sistemi federati .....	26
1.5.1	Introduzione ai Sistemi Federati.....	26
1.5.2	Elenco dei Sistemi Federati.....	26
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 .....	28
1.6.4	Dettagli sugli Algoritmi .....	28
1.6.4.1	Pre-elaborazione .....	28
1.6.4.2	Algoritmi di correlazione .....	28
1.6.4.3	Algoritmi di analisi spettrale basata su confronti di firma .....	29
1.6.4.4	Classificazione .....	29
1.6.4.5	Vettorializzazione.....	29
1.6.5	Dettagli sui Modelli .....	30
1.6.6	Interazione tra Algoritmi e Modelli.....	30
1.6.7	Analisi della Complessità Computazionale .....	30
1.6.8	Casistica di Utilizzo .....	31
1.6.9	Misure di Validazione e Verifica .....	31
1.7	Dati di output.....	33
1.7.1	Introduzione.....	33
1.7.2	Elenco Dati di Output .....	33

## 1 CU.V4.5 – Downstream smart forest environmental monitoring

### 1.1 Obiettivo del servizio applicativo

#### 1.1.1 Introduzione

Il Comando Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente ha da diverso tempo ideato e avviato un programma di monitoraggio delle anomalie spettrali delle foreste italiane, denominato SMART Forest Environmental Monitoring, tramite remote sensing da piattaforma satellitare validato a terra da squadre di monitoraggio equipaggiate anche con Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto (SAPR).

Il progetto per la validazione del dato satellitare e la sua implementazione con riscontro di dati ancillari a terra richiede l'impiego di "sensori ground" in posizione fissa e mobile e di "sensori air" su aeromobile ad ala fissa o rotante o a Pilotaggio Remoto e l'integrazione di modelli di analisi e correlazione specifici.

IL SIM quindi si colloca nella componente del programma relativo alla verifica e validazione delle anomalie rilevate da satellite mediante analisi di correlazione con i dati rilevati dai sensori a terra e nella successiva eventuale fase di approfondimento dell'anomalia rilevata mediante analisi delle immagini rilevate con maggior dettaglio da aereo o drone.

#### 1.1.2 Scopo Generale

Lo scopo generale dello stakeholder di riferimento è quello di invertire l'attuale processo di analisi e monitoraggio del territorio. Attualmente l'approccio è classicamente di tipo bottom-up, ovvero le verifiche approfondite partono a seguito di una segnalazione o di una rilevazione da parte delle squadre operative. Questa modalità operativa consente di raggiungere rilevanti risultati ma non permette di coprire l'intero territorio nazionale in modo efficace ed efficiente.

L'obiettivo generale è quello di sviluppare un metodo, basato sull'osservazione della Terra, che renda possibile individuare tempestivamente e mappare rapidamente i disturbi della foresta – utilizzazioni forestali legali e illegali, eventi meteorici estremi, attacchi parassitari e fitopatie, dissesti idrogeologici, incendi e valanghe – sull'intero territorio nazionale.

L'obiettivo specifico dell'Applicativo è quello di verificare e validare le segnalazioni di anomalie rilevate da satellite mediante l'utilizzo e l'integrazione di dati acquisiti dalla sensoristica "ground". Inoltre, la finalità è quella di supportare le successive fasi di approfondimento mediante rilievi ad hoc grazie alla componente "air", attivata dopo la verifica e la classificazione dell'anomalia rilevata da satellite.

In questo modo le reti di monitoraggio del territorio risulteranno potenziate e l'operatività del Comando Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente potrà essere mirata ad approfondire le situazioni anomale individuate alla scala nazionale.

Data la mole di dati e la complessità degli algoritmi, il SIM metterà a disposizione le sue capacità computazionali e algoritmi di IA.

### 1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave

L'acquisizione di un'enorme mole di dati, in tempo reale, da numerosi sensori a terra e satellitari al fine di monitorare lo stato delle foreste e dell'ambiente in cui vegetano, comporta l'esigenza di avere a disposizione un flusso di elaborazioni che integri dati di diversa provenienza elaborandoli al fine di ottenere le necessarie indicazioni per orientare le decisioni dell'Arma.

Ulteriore requisito chiave è rappresentato dalla necessità di rendere disponibili dei meccanismi di notifica automatici, a valle della verifica e validazione effettuata dal SIM.

### 1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati

Tematiche	Obiettivi Correlati
Monitoraggio del territorio	Integrazione di flussi di dati eterogenei (satellitari e sensoristica terrestre) al fine di consentire adeguate azioni di intervento.

### 1.1.5 Benefici Attesi

L'applicativo supporterà lo stakeholder nell'inversione dell'approccio attuale di monitoraggio del territorio, permettendo una analisi estesa su tutto il territorio nazionale e individuando le sole aree su cui è stata rilevata una anomalia spettrale verificata e validata al fine di indirizzare le attività puntuali di approfondimento della problematica riducendo le risorse necessarie e massimizzando i risultati.

L'applicativo creerà inoltre un flusso di elaborazione e trasmissione dei dati che garantirà continuità nei flussi procedurali delle attività in capo all'Arma.

### 1.1.6 Vincoli e Limitazioni

Si riportano di seguito alcuni elementi specifici per l'applicazione:

- l'applicativo è legato alla disponibilità e ad una frequenza di aggiornamento dei dati di input specifici sullo stato delle foreste nazionali, rilevati da satellite ed elaborati al fine di individuare eventuali anomalie spettrali; tali informazioni risultano necessarie per avviare il flusso operativo di verifica, validazione e classificazione dell'anomalia, previsto nella presente applicazione;
- necessità di relazionare gli output di altri progetti, interni all'Amministrazione o legati al progetto IRIDE, alle procedure operative previste nell'applicazione.

### 1.1.7 Stakeholders Coinvolti

L'utente principalmente interessato all'applicativo è il CUFAA (Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari), che rappresenta l'organo preposto e specializzato nel dominio del Verticale 4 del SIM. Questo stakeholder è fondamentale per il corretto funzionamento e l'utilizzo dell'applicazione, poiché possiede competenze e conoscenze specifiche nel settore e sarà coinvolto nella sua integrazione per mettere in piedi un sistema innovativo e che potrebbe essere di riferimento per l'intero Verticale 4.

Stakeholders	Tipologia interazione
--------------	-----------------------

CUFAA (Comando Unità forestali, ambientali e agroalimentari dell'Arma dei Carabinieri)	Fruitore del servizio
--	-----------------------

### 1.1.8 Conclusione e Riepilogo

In conclusione, il SIM supporterà l'Utente nella inversione dell'attuale approccio nel monitoraggio del territorio nazionale, con l'obiettivo di ottimizzare le attività puntuali di approfondimento nei soli punti del territorio in cui vi è reale esigenza, massimizzando quindi il risultato ottenibile.

Inoltre, l'implementazione della componente applicativa e strumentale richiesta dal CUFAA porterà ad un miglioramento e aumento di potenzialità delle reti di monitoraggio fisse esistenti e gestite dall'Arma dei Carabinieri quali:

- INFC (Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio);
- ConEcoFor (Controllo degli Ecosistemi Forestali);
- NEC (National Emissions Ceilings).

## 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
V4AP05_RF001	Ingestion output preelaborazione dati satellitari	Permette il caricamento nell'Applicativo di dati di osservazione della terra pre-elaborati, disponibili al SIM o all'utente, da assumersi come base per le analisi concernenti l'identificazione di anomalie.	Il SIM deve predisporre per acquisire i dati derivanti dall'elaborazione dei dati satellitari, da cui rilevare l'anomalia, come ad esempio: <ul style="list-style-type: none"> <li>- indici per la valutazione dello stato della vegetazione/foreste (caratteristiche fisiche, parametri biofisici tra cui quelli che caratterizzano lo stato di salute, lo stress idrico e la fenologia)</li> <li>- Indicatori per stimare la quantità di carbonio stoccato</li> <li>- Stima delle variazioni della superficie forestale</li> <li>-</li> </ul>	L'implementazione avviene attraverso l'impiego di componenti rese disponibili dalla Digital eXperience Platform.
V4AP05_RF002	Analisi dati e individuazione anomalie	Ha lo scopo di rendere disponibili risorse di calcolo utilizzabili per la rilevazione di anomalie	Deve integrare un algoritmo di analisi dei dati di input derivati da satellite con l'obiettivo di individuare eventuali anomalie	L'implementazione avviene attraverso l'impiego di componenti rese disponibili dalla Digital eXperience Platform.
V4AP05_RF003	Verifica, conferma e qualificazione della anomalia	Ha lo scopo di rendere disponibili risorse di calcolo utilizzabili per validazione delle anomalie rilevate dalla componente precedente.	Deve assicurare la funzionalità di verifica, e conferma delle eventuali anomalie rilevate, analizzando i dati rilevati dai sensori "ground". Integrando tali dati, qualora confermata l'anomalia, il SIM	L'implementazione avviene attraverso l'impiego di componenti rese disponibili dalla Digital eXperience Platform.



ID	Requisito	Descrizione	Progettazione	Implementazione
			attribuirà un valore di “gravità” all'anomalia rilevata.	
V4AP05_RF004	Supporto nella progettazione delle attività di approfondimento puntuale da realizzarsi sul territorio	Il SIM, sulla base dell'estensione dell'anomalia rilevata, supporterà l'Utente nella individuazione della migliore azione di monitoraggio puntuale tra quelle disponibili e implementabili (macchina, aereo, elicottero, drone).	Sulla base delle caratteristiche sito-specifiche dell'area (estensione, accessibilità, etc.) il sistema potrà suggerire le azioni di monitoraggio da intraprendere.	L'implementazione avviene attraverso l'impiego di componenti rese disponibili dalla Digital eXperience Platform.
V4AP05_RF005	Caricamento nel SIM dei dati acquisiti con le specifiche campagne di approfondimento puntuale sul territorio	Deve permettere all'utente di caricare all'interno dell'applicativo i dati derivati dalle campagne di acquisizione in campo	Dovrà assicurare la funzionalità di caricamento dei dati derivate dalle campagne di acquisizione effettuate direttamente sul territorio. Il dato dovrà essere pretrattato preliminarmente al caricamento nell'Applicativo. Nel paragrafo dati input sono descritti i dati caricabili (dati ground e dati air).	L'implementazione avviene attraverso l'impiego di componenti rese disponibili dalla Digital eXperience Platform.
V4AP05_RF006	Algoritmi di analisi dei dati acquisiti dalla sensoristica “ground” e “air”	Permette la costruzione di indici di stato dei corpi vegetali utilizzando dati acquisiti al suolo e da remoto.	Dovrà integrare algoritmi di analisi e individuazione delle firme spettrali rappresentative dello stato di salute delle foreste e delle eventuali criticità in esse presenti. Gli argomenti saranno forniti dal CUFAA.	L'implementazione avviene attraverso l'impiego di componenti rese disponibili dalla Digital eXperience Platform.

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione	Implementazione
V4AP05_RF007	Reporting geografico e alfanumerico	Produce reportistiche mirate in cui sono riportare tutte le caratteristiche rilevate del contesto territoriale in analisi e le caratteristiche indicative dello stato di salute dei corpi forestali.	Restituisce forms di reportistica scaricabili	L'implementazione avviene attraverso l'impiego di componenti rese disponibile dalla Digital eXperience Platform.

## Funzionalità Utente

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

Il SIM prevede un workflow operativo automatico che si avvia alla ricezione dei flussi informativi previsti dall'Applicazione, relativi alle mappature delle coperture forestali, agli indici relativi allo stato di salute delle foreste e all'accumulo della CO2 nonché della ricezione di notifiche.

Il workflow prevede una **prima fase automatica di analisi e verifica della segnalazione ricevuta** al fine di validare e qualificare la stessa sulla base della correlazione effettuabile con i dati rilevati dalle centraline di monitoraggio in situ denominate "tree talker".

Sulla base dell'analisi di correlazione e verifica dei dati, il SIM determinerà l'effettiva consistenza della segnalazione ricevuta ed eventualmente qualificherà la stessa dal punto di vista della "gravità".

L'analisi di correlazione potrebbe non essere realizzabile a causa della parziale distribuzione dei tree talker sul territorio, seppur posizionati nelle zone di maggiore interesse come determinate dagli specialisti dell'Arma dei Carabinieri (i tree talker saranno collocati per ogni area di primo livello della rete di Controllo degli Ecosistemi Forestali -Con Eco For, gestita dall'Arma).

In questo caso, l'Utente riceverebbe un'ulteriore notifica relativa all'esito della prima fase di verifica e qualificazione dell'evento.

L'Utente, quindi, potrà accedere all'Applicativo anche durante l'esecuzione delle due fasi preliminari (notifica dai dati Iride, notifica correlato con treetalker), a seguito di ricezione della relativa notifica o via mail. All'accesso potrà visualizzare tutti i dettagli informativi relativi alla notifica e ai vari dati disponibili e analizzati o analizzabili nel workflow elaborativo automatico.

In caso di conferma dell'anomalia ovvero in caso di impossibilità di verificare automaticamente l'evento, il SIM supporterà l'Utente nella individuazione delle migliori operatività per progettare e realizzare le attività di monitoraggio puntuale sulla zona in analisi. In base alle caratteristiche dell'evento potranno essere richieste dal Sistema campagne di acquisizione da sensoristica aggiuntiva "ground", montate sui veicoli in dotazione dell'Arma, ovvero da sensoristica "air", predisposte su aerei, elicotteri o droni in dotazione all'Arma.

I dati acquisiti dovranno essere uploadati nel SIM dall'Utente, pretrattati in caso di acquisizioni aeree/elicottero/droni, al fine di effettuare il **secondo livello di analisi e approfondimento dell'evento rilevato**, come descritto nei relativi Paragrafi Modelli e Algoritmi.

Sulla base delle risultanze del secondo step di analisi, il SIM supporterà l'Utente nella gestione delle successive fasi del processo, generando una reportistica di sintesi e una di dettaglio in cui descrivere le caratteristiche dell'evento, i dati analizzati e i risultati dell'analisi, nonché eventuali notifiche, da veicolare alle strutture responsabili.

L'Utente avrà facoltà decisionale sulle operazioni da implementare con il supporto del SIM nella gestione dell'evento segnalato.

## 1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione
V4AP05_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.
V4AP05_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.
V4AP05_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.
V4AP05_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.
V4AP05_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.

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione
V4AP05_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.
V4AP05_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.
V4AP05_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.
V4AP05_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
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

Requisito	Descrizione
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 Architetture

Di seguito è descritta l'architettura del sistema per l'implementazione dell'applicativo 5 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'applicativo implementa un flusso principale automatico, volto all'analisi dei dati su specifiche fonti dati in fase di ingestion. Pertanto, il flusso di ingestion dei dati satellitari preelaborati viene implementato per gestire la persistenza di questi dati sulla Data Platform attraverso ETL dedicati. Vengono importati dati satellitari preelaborati contenenti indicatori per la valutazione dello stato della vegetazione, indicatori per stimare la quantità di carbonio stoccato e la stima della variazione della superficie forestale, e dati provenienti da sensoristica "ground". I dati sono accessibili solamente agli utenti abilitati. I dati vengono censiti all'interno del Master Catalog e storicizzati attraverso la Data Platform.
2. Conclusa la fase di ingestion, il sistema avvia una nuova esecuzione di un workflow implementato sull'Intelligence Platform per l'analisi dei dati ricevuti al fine di identificare sull'intero territorio nazionale anomalie a partire dai dati satellitari pre-elaborati. Vengono quindi recuperati i dati dal Data Platform e persistiti su un'area di lavoro temporanea di esecuzione modelli che verrà rimossa al completamento. Viene impiegato l'Object Storage per tale scopo. Tali dati sono accessibili dall'Intelligence Platform, quindi disponibili come input per l'workflow.
3. L'analisi viene quindi effettuata elaborando i dati in input, ed ha come output le eventuali anomalie riscontrare. Per ogni anomalia riscontrata dai dati satellitari, viene eseguito automaticamente un modello per la verifica e conferma utilizzando i dati proveniente da sensoristica "ground". L'output è rappresentato dalle anomalie confermate dal confronto con i dati da sensori ed una valutazione qualitativa (gravità) dell'anomalia riscontrata. Viene inoltre fornita un'indicazione sul tipo di azione consigliata da adoperare per effettuare approfondimenti mediante monitoraggio puntuale tramite macchina a terra, aereo, elicottero o drone, in base

all'estensione dell'anomalia rilevata. Tali informazioni supportano l'utente nella raccolta di dati migliore allo scopo di effettuare una analisi di approfondimento.

4. Il sistema, conclusa l'analisi, nel caso di presenza di anomalie confermate, invia una notifica agli utenti contenente l'avviso del riscontro e informazioni quantitative e qualitative circa le anomalie riscontrate. Le notifiche verranno implementate attraverso il componente di message broking disponibile sul SIM ed integrerà la notifica via canali esterni (email) agli utenti preposti.
5. Il flusso utente viene generalmente avviato successivamente alla notifica di una anomalia. L'utente interagisce con l'applicativo attraverso un'interfaccia grafica Web, che mette a disposizione le funzionalità necessarie all'utente per effettuare l'analisi di dettaglio delle anomalie o visualizzare le anomalie riscontrate dal flusso automatico. L'interfaccia grafica è integrata nella Digital eXperience Platform.
6. 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.
7. Superato il processo di autenticazione, l'utente accede all'interfaccia web dove può ricercare e visualizzare le esecuzioni automatiche ed i risultati elaborate in precedenza e le analisi di approfondimento avviate dall'utente. Dall'interfaccia l'utente può avviare un nuovo processo di elaborazione a partire da una anomalia riscontrata. 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.
8. All'avvio di una nuova elaborazione di approfondimento, l'utente viene indirizzato sull'interfaccia di selezione dei dati in input da utilizzare. I dati sono relativi ad una specifica campagna di raccolta dati associato ad una anomalia riscontrata, e devono essere pretrattati prima del caricamento sul SIM tramite funzione di upload. Questi dati vengono persistiti all'interno su object storage tramite API dedicate, quindi tramite la Data Platform. I dati sono visibili solamente all'utente.
9. Al completamento dell'upload delle immagini, l'utente può avviare l'esecuzione del processo di elaborazione di analisi dell'anomalia. L'utente riceve conferma dell'avvio del processo asincrono.
10. All'avvio di un'elaborazione, il sistema recupera i metadati relativi ai dati di input da upload utente, e li persiste 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.
11. Il sistema avvia l'esecuzione del processo di elaborazione attraverso l'esecuzione dell'workflow implementato all'interno dell'intelligence platform. Viene quindi eseguito l'algoritmo analisi delle firme spettrali per evidenziare eventuali criticità riscontrate. Il modello genera come output un report contenente dati geografici e tabellari circa lo stato di salute dell'area oggetto di analisi.
12. 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 visualizzare il report generato. I report vengono storicizzati sul Data Platform sull'object storage dell'area di lavoro dell'utente ed indicizzato sulla base dati applicativa.



Il flusso dei dati avviene secondo i seguenti passaggi principali:

1. Fase di ingestion: il flusso dati viene gestito tramite ETL specifiche per i dati satellitari preelaborati dallo stakeholder. Alla conclusione dell'ingestion viene avviata una analisi automatica dei dati tramite workflow implementato, coinvolgendo come piattaforma:
  - Integration platform per l'utilizzo di API Gateway nello scambio dati e nel trigger di fine procedura di ingestion per avvio elaborazione
  - Data Platform per la persistenza dei dati e dei metadati associati ad essi
  - Intelligence platform per l'esecuzione dei modelli di analisi dei dati
2. 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
3. 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.
4. Funzione di upload dati utente: nella fase di selezione dati di input per le esecuzioni on demand, l'utente può effettuare l'upload di dati da utilizzare al posto di quelli presenti sul catalogo: in tal caso 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
5. 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
6. 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).

Il seguente diagramma mostra il disegno architeturale dell'applicativo 2 secondo lo schema dei servizi standard SIM:

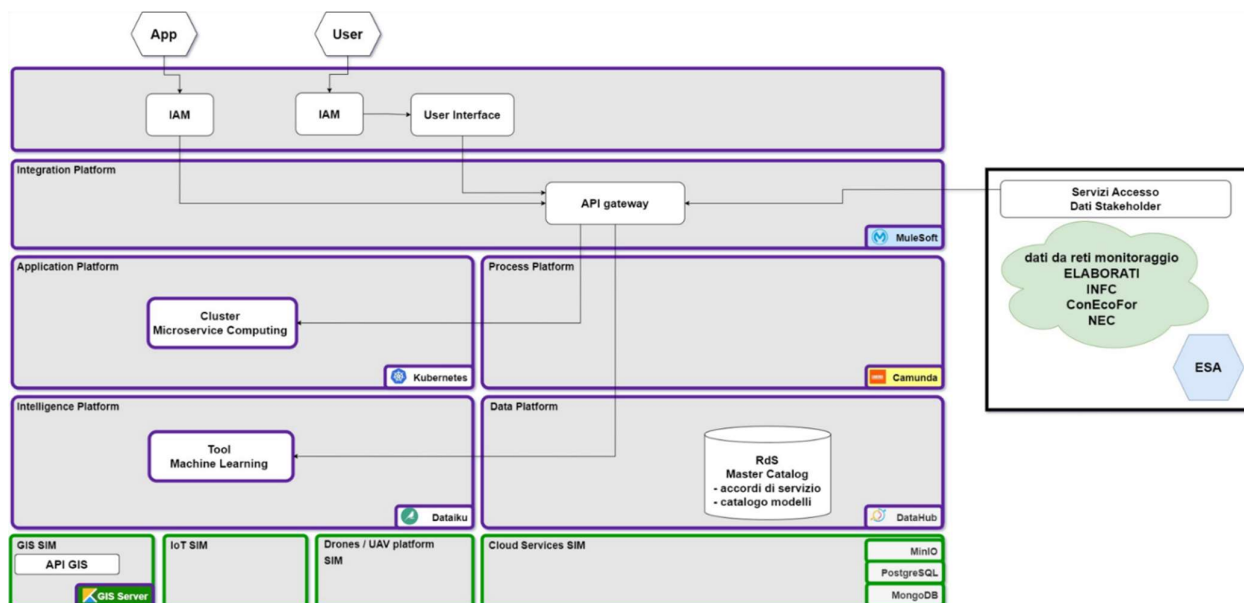


Figura 1 Diagramma Architettuale

### 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

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			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	NO	
	Business Rule Engine	NO	
	Analytics and Reporting	NO	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	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	SI	Il flusso applicativo principale include l'ingestion di dati satellitari
	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
	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	NO	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	Indexing, search	NO	
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	SI	L'applicazione esegue analisi automatica su specifici flussi dati appena conclusa l'operazione di importazione.
	API management	SI	L'applicativo utilizza questo servizio per

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			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	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	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	NO	
	Spatial Analysis	NO	
	Risk Assessment	NO	
	Predictive Modeling	NO	
	Climate Change Analysis	NO	
	Environmental Impact Assessment	NO	
	Reporting and Visualization	SI	L'output del flusso applicativo consiste in report su anomalie riscontrate
	Historical Data Analysis	NO	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	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 satellitari alta risoluzione pre-elaborate da apposito servizio;
- Immagini acquisite con droni o sensori a terra;
- Dati ambientali provenienti da sensori;

Tutti i dati provenienti da sensoristica saranno forniti da gateway, banca dati o flusso strutturato dello stakeholder.

### 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
V4AP05_DI01	Mappe delle foreste (come, ad esempio, le modificazioni delle carte di copertura e uso del suolo)	Progetto IRIDE o Arma dei Carabinieri	Online	Mensile	API	Classified	Dato utilizzato per la individuazione del contesto territoriale su cui finalizzare le analisi	Non rilevante
V4AP05_DI02	Indici relativi allo stress delle foreste (indici sullo stato di)	Progetto IRIDE o Arma dei Carabinieri	Online	Bisettimanale	API	Classified	Dato utilizzato per la rilevazione e di criticità esistenti e il successivo	Non rilevante



	salute delle foreste)						o invio di notifiche	
V4AP05_DI03	Dato relativo all'accumulo della CO2	Progetto IRIDE o Arma dei Carabinieri	Online	On demand	API	Classified	Utile per il calcolo dei crediti di carbonio.	Non rilevante
V4AP05_DI04	Dati ambientali da sensori	Arma dei Carabinieri	Online	Periodico	Stream/API/R DBMS	Classified	Dato di input per algoritmo di correlazione	Non rilevante
V4AP05_DI05	Immagini acquisite dalla sensoristica "ground" mobile e "air"	Arma dei Carabinieri	Upload	On demand	Upload	Classified	Dato di input per elaborazione	Non rilevante

#### 1.4.3 Specifiche di contenuto

ID	Specifiche di contenuto
<b>V4AP05_DI01</b>	Mappatura delle superfici forestali in cronosequenza al fine di registrare i cambiamenti avvenuti in termine di superficie, sia per aumento delle foreste (espansione naturale) sia in caso di rimboschimenti, sia in termini di variazione negativa della superficie forestale (deforestazione)
<b>V4AP05_DI02</b>	Mappatura indicatori fisiologici/fenologici al fine del monitoraggio dei parametri biofisici e valutazione dello stato foreste sulla base di incendi, patogeni, siccità, gelate, etc.
<b>V4AP05_DI03</b>	Indicatori in grado di valutare la biomassa epigea presente nelle strutture forestali nelle sue componenti (biomassa arborea, arbustiva e lettiera)
<b>V4AP05_DI04</b>	<p>Tree talker</p> <p>TreeTalker sono un sistema progettato e brevettato dalla innovative start-up Nature 4.0. Sono sistemi modulari, installabili su ogni tipo di albero in grado di trasmettere misure utili alla valutazione dello stato della singola pianta e, se opportunamente distribuiti, di un intero bosco. In dettaglio ogni strumento può fornire, con un campionamento programmabile, informazioni relative a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Traspirazione (Flusso di Linfa);</li> </ul>

ID	Specifiche di contenuto
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umidità del tronco e del terreno;</li> <li>• Trasmittanza del canopi misurata dal basso verso l'alto con 12/24 Bande spettrali (le principali sono 450*, 500*, 550*, 570*, 600*, 610+, 650*, 680+, 730+, 760+, 810+, 860+ nm). (con accuratezza <math>\pm 20</math> nm + <math>\pm 10</math> nm);</li> <li>• Diameter tronco <math>\pm 200</math> <math>\mu</math>;</li> <li>• Angoli di scostamento dall'asse del tronco con accuratezza <math>\pm 0.01</math> °;</li> <li>• Temperatura e Umidità dell'aria (<math>\pm 0.5^\circ</math>, <math>\pm 4\%</math> Typ.).</li> </ul>
V4AP05_DI05	<p>Sensoristica "ground"</p> <p>Si prevede l'uso di sensori termici e multi/iperspettrali, progettati su misura, alimentati da intelligenza artificiale, montati su veicoli terrestri per un monitoraggio che raccoglie i dati qualitativi e quantitativi e lo stato di salute del verde urbano; integrando i metodi esistenti basati sull'ispezione visiva e sull'imaging satellitare. Combinando i dati delle telecamere iperspettrali e termiche, grazie all'utilizzo dell'IA saranno identificati molteplici fattori di stress abiotici (ad esempio siccità e salinità del suolo) e biotici (ad esempio parassiti e batteri).</p> <p>Sensori "air"</p> <p>Si prevede di acquisire i dati rilevati da un sistema integrato di ripresa aerea composto da sensori ottici multispettrali, termici e radar (nada P o lidar), montati su vettore aereo.</p>

## 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 identificato un primo set di sistemi informativi appartenenti alla federazione SIM di seguito elencati, integrabile al seguito di specifiche esigenze espresse dall'utente dell'Applicazione.

### 1.5.2 Elenco dei Sistemi Federati

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

ID	Nome Sistema Federato	Descrizione	Proprietà del servizio	Modalità di interazione	Caratteristiche sensibilità servizio
V4AP05_SF01	COPERNICUS	Fornisce dati di monitoraggio del	ESA	Interoperabilità	NO

ID	Nome Sistema Federato	Descrizione	Proprietà del servizio	Modalità di interazione	Caratteristiche sensibilità servizio
		territorio e dell'ambiente			
V4AP05_SF02	Iride Service Segment	Costellazione rivolta all'acquisizione di dati satellitari a differente frequenza (pancromatico, multispettrale, iper-spettrale, infrarosso)	ESA	Interoperabilità	Il servizio non è attualmente disponibile. Da definirsi

## 1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli

### 1.6.1 Introduzione e Panorama Generale

L'applicativo si configura come punto di integrazione di un complesso di algoritmi consolidati nella letteratura scientifica e nella prassi operativa, di cui è prevista attività di migrazione all'interno dei sistemi del SIM mantenendone invariato il funzionamento.

Le risorse di calcolo si collocano in un flusso operativo organizzato in tre macro-step successivi:

1. Acquisizione dati
2. Correlazione dei dati satellitari con i dati delle centraline di monitoraggio
3. Algoritmo di elaborazione dati rilevati in situ (analisi spettrale e/o classificazione)

Lo scenario di utilizzo previsto è il seguente: i dati pre-elaborati del servizio dedicato al monitoraggio forestale vengono acquisiti dal SIM per operare una correlazione con i dati delle centraline di monitoraggio; tale fase ha lo scopo di effettuare una pre-validazione dei dati satellitare, cercando in riscontro in eventuali anomalie rilevate dai sensori in situ.

Qualora questa fase dia esito positivo, si passa alla elaborazione delle immagini rilevate tramite sistemi aeromobili: tali elaborazioni potranno prevedere algoritmi di analisi spettrale o classificazione, a seconda della specifica necessità.

È prevista una eventuale fase di pre-processing 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 radio-metricamente (nel caso di immagini multi/iper-spettrali che siano da satellite o da aereo).

### 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

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

### 1.6.4 Dettagli sugli Algoritmi

Funzioni, algoritmi e modelli sono perimetro di competenza dello stakeholder che darà in una fase successiva le indicazioni tecnico funzionali per l'integrazione e il corretto ordine di esecuzione.

#### 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 può prevedere lo sfruttamento e la cooperazione di dati da sorgenti diverse. Il preprocessamento quindi potrà quindi prevedere, a seconda dell'elaborazione attesa:

- Ritaglio dei dati di input ed estrazione su un'eventuale AOI selezionata tramite drawing tools o shapefile.
- Georeferenziazione del dato multi/iper-spetttrale secondo un sistema cartografico proiettato comune, calibrazione radiometrica ed atmosferica
- Co-registrazione tra le diverse immagini di input al fine di poterle correttamente sovrapporre.

#### 1.6.4.2 Algoritmi di correlazione

Questo algoritmo viene richiamato in maniera automatica qualora i dati pre-elaborati del servizio dedicato al monitoraggio forestale acquisiti dal SIM rilevino un'anomalia. L'algoritmo opera quindi un'analisi dei dati acquisiti dalle centraline in situ (tree-talker), in corrispondenza dell'area segnalata come colpita da anomalia spettrale indicativa di uno stato di salute non ottimale della foresta e di presenza di aggressioni in atto, cercando un riscontro in eventuali alterazioni dei valori rilevati.

La prima fase elaborativa dell'algoritmo è relativa alla ricerca dei punti di acquisizione dati localizzato in prossimità dell'area in cui è stata rilevata l'anomalia. In base a criteri di vicinanza, l'algoritmo estrarrà i dati delle centraline di interesse.

La fase successiva è relativa all'analisi dei dati acquisiti dalle centraline situate in loco con l'obiettivo di rilevare eventuali misure anormali che possano corrispondere all'eventuale anomalia in fase di analisi. Le caratteristiche e le modalità con cui i dati dei tree talker dovranno essere analizzati saranno definite e condivise con gli specialisti dell'Arma dei Carabinieri.

#### 1.6.4.3 Algoritmi di analisi spettrale basata su confronti di firma

L'algoritmo da prevedere nel SIM deve rilevare specifiche firme spettrali nelle immagini rilevate dalla sensoristica "air" messa a disposizione dell'arma dei Carabinieri.

Le firme spettrali dovranno essere identificate congiuntamente agli specialisti dell'Arma e in ipotesi dovranno essere coerenti con le firme spettrali utilizzate nella prima fase di analisi, relativa all'elaborazione delle immagini acquisite da satellite.

Sarà oggetto di valutazione specifica la possibilità di utilizzare le medesime procedure di analisi finalizzate all'individuazione delle medesime firme spettrale tra la fase di primo livello (da satellite) e di secondo livello (sensoristica "air").

L'analisi potrà essere condotta anche ricercando firme spettrali differenti rispetto a quelle base, in base alle specifiche competenze e finalità dell'analisi che lo specialista dell'Arma dei Carabinieri sta conducendo.

Quindi, nel caso di un target la cui firma spettrale sia nota, si procede con il confronto del profilo spettrale dell'immagine di riferimento con la firma spettrale dell'elemento cercato (target) estratta dalla libreria spettrale di input. Nel caso in cui il target non sia noto, l'applicativo opera un confronto fra uno spettro sconosciuto con i materiali presenti nella libreria spettrale.

#### 1.6.4.4 Classificazione

Nello specifico, per il presente applicativo, si ipotizza di implementare algoritmi supervisionati, che richiedono 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 desiderate dall'operatore.

Allo stato attuale, l'algoritmo il SIM potrà rendere disponibile all'Utente al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati è lo Spectral Angol Mapper (SAM). Questo algoritmo, 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. SAM è particolarmente efficace per la classificazione di immagini multi/iper-spettrali in cui la firma spettrale è critica per distinguere le diverse classi. L'algoritmo è sensibile alle variazioni di illuminazione, ma la calibrazione del dato aiuta a mitigare questo problema.

#### 1.6.4.5 Vettorializzazione

Nel presente applicativo potrà essere utilizzata la funzionalità condivisa con altri applicativi del SIM relativa alla vettorializzazione di dati raster. Questa funzionalità 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 appartenenza, la loro dimensione e posizione nello spazio. È 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 appartenenza).

### 1.6.5 Dettagli sui Modelli

Non applicabile in riferimento a questo specifico applicativo.

### 1.6.6 Interazione tra Algoritmi e Modelli

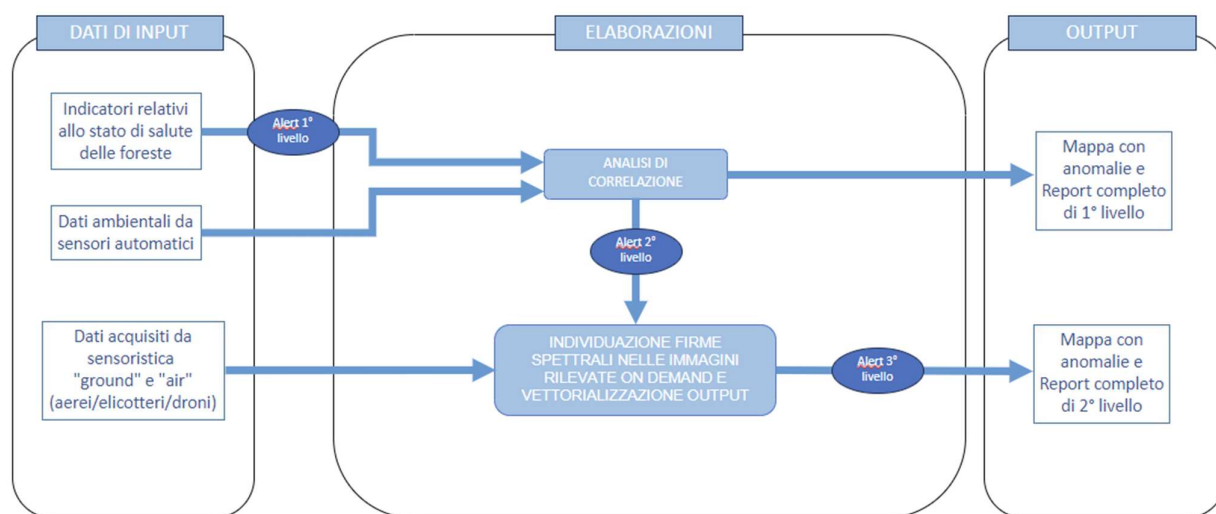


Figura 2 – Diagramma di flusso del servizio applicativo

### 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 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:

- Modelli da integrare
- Estensione dell'area oggetto di indagine (maggiore è la scala, superiore è il carico)
- Numero di iterazioni di elaborazione richieste
- Sottosistemi della pipeline di elaborazione attivati

La complessità computazione è un elemento di discriminazione per l'integrazione delle componenti applicative dell'utente.

### 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.

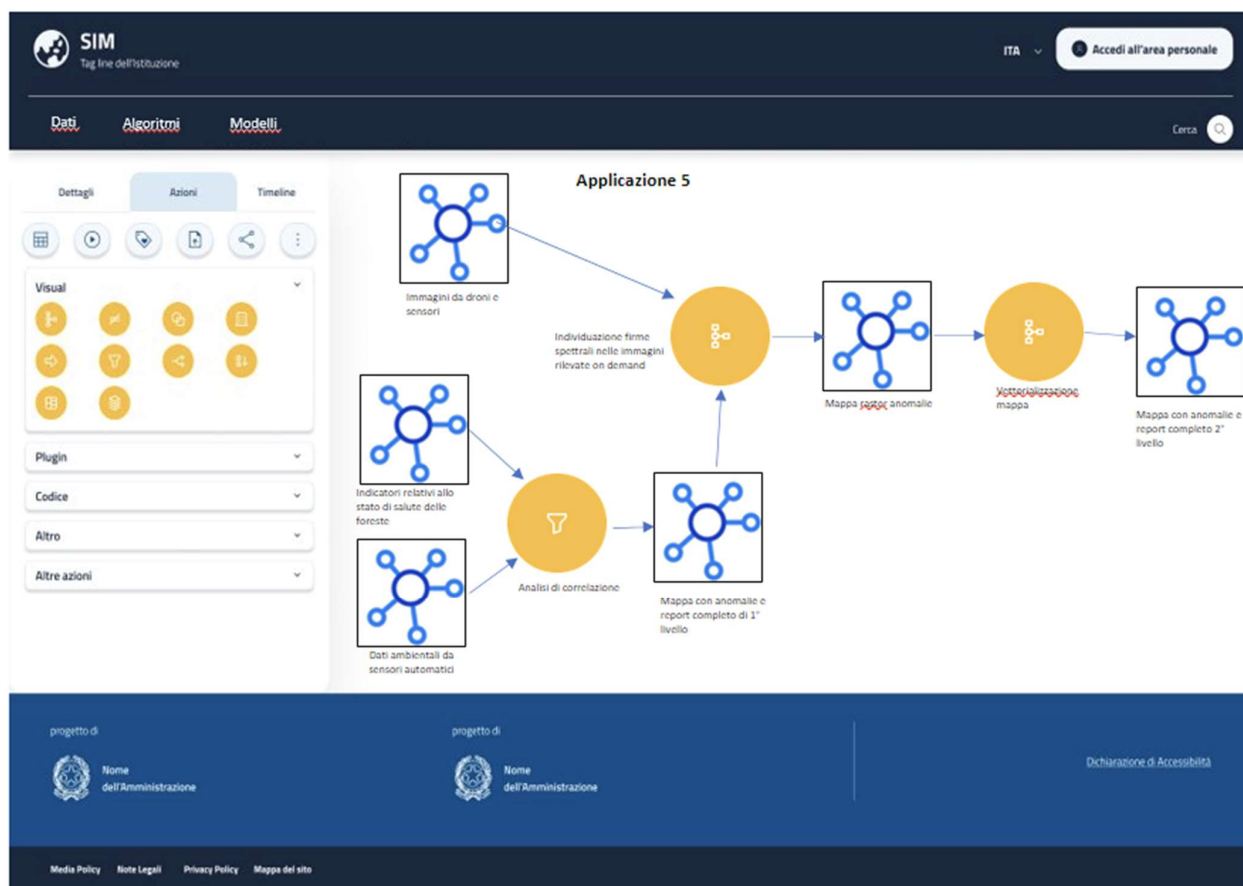


Figura 3 – Rappresentazione logica del flusso elaborativo

### 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.

Potranno essere implementate attività di verifica su casistiche reali accertate, da analizzare all'interno del SIM al fine di accertare la produzione delle notifiche previste dall'applicativo.



## 1.7 Dati di output

### 1.7.1 Introduzione

L'applicazione verticale restituisce output utilizzabili per la generazione di notifiche direttamente utilizzabili dal CUFAA per predisporre le opportune azioni sul campo.

### 1.7.2 Elenco Dati di Output

In tabella si riportano i dati di output attesi, riferibili a due momenti dell'intero flusso elaborativo

- Il secondo output, che viene prodotto nel caso di esito positivo della precedente elaborazione, ha il compito di elaborare le immagini rilevate con la sensoristica a terra per validare il dato ottenuto.

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche e Sensibilità Dato	Criticità
V4AP05_DO01	Esito dell'analisi di correlazione degli indici derivati dai dati satellitari con i dati della sensoristica "ground"	CUFAA	Informazioni direttamente presenti nel SIM	Si ipotizza una frequenza di aggiornamento giornaliera	Dato sensibile ad uso interno dell'Arma	La generazione e dell'output è in generale sottoposta a limiti e vincoli espressi nell'Obiettivo del servizio applicativo con particolare riferimento a specifici vincoli tecnologici e di federazione dei sistemi.
V4AP05_DO02	Mappa di output con rappresentazione dei pixel/punti in cui sono state	CUFAA	Informazioni direttamente	Si ipotizza una frequenza di	Dato sensibile ad uso interno dell'Arma	La generazione e dell'output è in

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche e Sensibilità Dato	Criticità
	rilevate le firme spettrali specifiche oggetto di ricerca nella prima fase di analisi al fine di progettare le attività di approfondimento con sensoristica "air"		e presenti nel SIM	aggiornamento giornaliera		generale sottoposta a limiti e vincoli espressi nell'Obiettivo del servizio applicativo con particolare riferimento a specifici vincoli tecnologici e di federazione dei sistemi.
V4AP05_DO03	Mappa di output con rappresentazione dei pixel/punti in cui sono state rilevate le firme spettrali specifiche oggetto di ricerca nella seconda fase di approfondimento dell'analisi	CUFAA	Informazioni direttamente presenti nel SIM	Si ipotizza una frequenza di aggiornamento giornaliera	Dato sensibile ad uso interno dell'Arma	La generazione e dell'output è in generale sottoposta a limiti e vincoli espressi nell'Obiettivo del servizio applicativo con particolare riferimento a specifici vincoli tecnologici e di

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche e Sensibilità Dato	Criticità
						federazione dei sistemi.
V4AP05_DO04	Report alfanumerico e cartografico relativo agli esiti dell'analisi in cui rappresentare le caratteristiche dell'anomalia rilevata nella prima fase di analisi al fine di progettare le attività di approfondimento con sensoristica "air"	CUFAA	Informazioni direttamente presenti nel SIM	Si ipotizza una frequenza di aggiornamento giornaliera	Dato sensibile ad uso interno dell'Arma	La generazione e dell'output è in generale sottoposta a limiti e vincoli espressi nell'Obiettivo del servizio applicativo con particolare riferimento a specifici vincoli tecnologici e di federazione dei sistemi.
V4AP05_DO05	Report alfanumerico e cartografico relativo agli esiti dell'analisi in cui rappresentare le caratteristiche dell'anomalia rilevata nella seconda fase di analisi	CUFAA	Informazioni direttamente presenti nel SIM	Si ipotizza una frequenza di aggiornamento giornaliera	Dato sensibile ad uso interno dell'Arma	La generazione e dell'output è in generale sottoposta a limiti e vincoli espressi nell'Obiettivo del servizio applicativo con particolare riferimento a specifici

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche e Sensibilità Dato	Criticità
						vincoli tecnologici e di federazione dei sistemi.