



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

Progetto Esecutivo

ALLEGATO _V4_C.U.4.8

Tool di analisi per immagini multispettrali



**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.V4.8 – Tool di analisi per immagini multispettrali	5
1.1	Obiettivo del servizio applicativo.....	5
1.1.1	Introduzione.....	5
1.1.2	Scopo Generale.....	5
1.1.3	Esigenze e Requisiti Chiave	5
1.1.4	Tematiche e Obiettivi Correlati.....	6
1.1.5	Benefici Attesi.....	6
1.1.6	Vincoli e Limitazioni.....	7
1.1.7	Stakeholders Coinvolti	7
1.1.8	Conclusione e Riepilogo	8
1.2	Requisiti funzionali.....	8
1.2.1	Elenco dei Requisiti Funzionali	8
1.2.2	Requisiti non Funzionali Correlati	13
1.2.3	Vincoli e limitazioni.....	15
1.3	Architettura logico-applicativa del Sistema.....	16
1.3.1	Requisiti Non-Funzionali	16
1.3.2	Diagramma Architetture	17
1.3.3	Piattaforme SIM utilizzate.....	20
1.4	Dati di input.....	26
1.4.1	Introduzione ai Dati di Input.....	26
1.4.2	Catalogo delle Fonti di Dati.....	26
1.4.3	Specifiche di contenuto	28
1.5	Sistemi federati	28
1.5.1	Sistemi federati.....	28
1.5.2	Elenco dei Sistemi Federati.....	28
1.6	Funzioni, Algoritmi e Modelli	29

1.6.1	Criteri di Selezione.....	30
1.6.2	Tipologie di Funzioni Applicative	30
1.6.3	Dettagli sugli Algoritmi	30
1.6.4	Dettagli sui Modelli	33
1.6.5	Interazione tra Algoritmi e Modelli.....	34
1.6.6	Analisi della Complessità Computazionale	34
1.6.7	Casistica di Utilizzo	34
1.6.8	Misure di Validazione e Verifica	35
1.7	Dati di output.....	36
1.7.1	Elenco Dati di Output	36

1 CU.V4.8 – Tool di analisi per immagini multispettrali

1.1 Obiettivo del servizio applicativo

1.1.1 Introduzione

Le tecniche di analisi multispettrali rappresentano, nell'ambito del telerilevamento, metodologie che consentono di estrarre informazioni da immagini digitali acquisite in diverse bande dello spettro elettromagnetico (multispettrali). Ogni pixel dell'immagine multispettrale contiene uno spettro composto da un elevato numero di bande (in radianza o riflettanza) che può essere utilizzato per caratterizzare gli oggetti nella scena con grande precisione di dettaglio. A questo scopo è possibile individuare specifiche sostanze o componenti tramite la ricerca della "firma spettrale" propria del materiale oggetto di interesse.

Tali tecniche hanno raggiunto un livello di maturità tale da essere allo stato attuale ampiamente utilizzate sia nel campo della ricerca applicata che come strumento di monitoraggio e controllo a supporto delle attività istituzionali di Agenzie nazionali e regionali, Pubblica Amministrazione e Enti di ricerca.

1.1.2 Scopo Generale

L'applicativo di elaborazione ed analisi multispettrale ha l'obiettivo di mettere a disposizione dell'utente uno strumento flessibile in grado di supportare l'analisi e l'estrazione di informazioni dal prodotto multispettrale o iperspettrale. Il termine flessibile è da riferirsi alla capacità di importare nell'ambiente di analisi dati di differente formato e da differenti sensori, offrendo alcune funzionalità base di pre-processamento e algoritmi per la produzione di prodotti a valore aggiunto. Il tool, oltre che flessibile, risulta scalabile a diversi contesti applicativi ed in generale a tutti quelli che prevedono l'indagine sulla firma spettrale del prodotto, finalizzata all'ottenimento di informazioni su un elemento target o più in generale mappe di classificazione secondo le classi individuate dall'operatore, in accordo con le potenzialità di analisi offerte dal prodotto in ingresso.

1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave

L'applicazione nasce da iniziali esigenze espresse da Enea, in relazione alla possibilità che il processamento dei dati satellitari multispettrali, l'analisi delle forme e dei processi collegati offrono per gli studi territoriali nella realizzazione di analisi e tematismi a supporto della gestione razionale del territorio e soprattutto dell'individuazione di trasformazioni territoriali.

L'applicativo mette a disposizione una serie di strumenti di elaborazione per realizzare analisi di tipo spettrale su dati acquisiti da piattaforma satellitare, aerea o drone.

Un requisito chiave fondamentale è la disponibilità di immagini multi/iperspettrali, funzionali al tipo di analisi richiesto.

L'applicativo si configura come un ambiente integrato in cui l'utente specifico, accede tramite la profilazione dall'interfaccia dedicata, da cui può selezionare le funzionalità messe a disposizione per scegliere i dati di input e di elaborazione.

In relazione alla tipologia d'utente si profila un altro requisito chiave: per l'alto livello di specializzazione delle tecnologie e delle analisi condotte dall'applicativo, si richiede l'utilizzo da parte di Utente Esperto con adeguato know-how.

1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati

I campi di applicazione che possono essere toccati con l'impiego di questa tecnologia sono molto diversificati.

Riportiamo di seguito un elenco non esaustivo delle tipologie di analisi che potranno essere condotte:

- **Agricoltura:** Individuazione di particolari colture (ad es. Piantagioni di cannabis), monitoraggio dello stato di salute della vegetazione attraverso l'elaborazione di appositi indici (NDVI), Classificazione della Vegetazione, con la possibilità di declinare l'analisi nella individuazione di specifiche colture e del loro stato di salute
- **Idrologia:** studio dell'ambiente idrico (costiero, fluviale o lacuale) mediante l'analisi di temperatura e torbidità delle acque e il monitoraggio del plancton e della clorofilla
- **Ambiente:** monitoraggio di discariche attive e la ricerca di quelle abusive
- **Incendi:** Identificazione degli incendi, perimetrazione aree bruciate
- **Ecologia:** Clorofilla, umidità fogliare, cellulosa, pigmenti, lignina
- **Ambiente costruito:** Identificazione, mappatura e monitoraggio delle coperture in cemento-amianto.

Tematiche	Obiettivi Correlati
Agricoltura	Individuazione di particolari colture Monitoraggio stato della vegetazione Classificazione della Vegetazione
Idrologia	Analisi temperatura e torbidità sui corpi d'acqua
Ambiente	Monitoraggio di discariche attive e ricerca di quelle abusive, Identificazione Suoli nudi
Incendi	Identificazione degli incendi, perimetrazione aree bruciate
Ecologia	Umidità fogliare, cellulosa, pigmenti, lignina
Ambiente costruito	Individuazione, mappatura e monitoraggio coperture amianto

1.1.5 Benefici Attesi

Per la sua caratteristica polivalente, l'applicativo presenta molteplici vantaggi:

- **Estrema versatilità in riferimento agli ambiti applicativi:** Data l'estrema versatilità dello strumento, il presente applicativo può essere considerato come uno **strumento orizzontale integrabile in altri Applicativi verticali** che richiedessero le specificità di analisi richieste

- Analisi spazializzate a scale anche molto elevate, che possono sostituire o essere preliminari ad indagini dirette (in-situ).

1.1.6 Vincoli e Limitazioni

Per quel che attiene gli aspetti meramente tecnici di utilizzo dell'applicativo, le limitazioni al suo utilizzo possono riguardare essenzialmente due:

- Tempi di elaborazione: alcune elaborazioni possono richiedere tempi elevati di processamento; a tal fine è previsto un meccanismo di notifiche all'utente tramite mail e/o all'interno dell'applicativo stesso la conclusione del processo.
- Caratteristiche dei dati di input: il livello di dettaglio del risultato delle elaborazioni dipende dalla risoluzione delle immagini di input. In ogni caso requisito necessario è la disponibilità di immagini multispettrali /iperspettrali.

Vi è poi un aspetto legato ai processi amministrativi di riferimento nell'ambito dei quali l'applicazione trova spazio. In particolare:

- Lo strumento può essere utilizzato per eseguire analisi nell'ambito di processi giudiziari; in tal caso, sarà necessario prevedere appositi controlli e misure autorizzative atte gestire il corretto accesso degli utenti e a preservare la riservatezza dei dati di output e, se previsti, dei dati di input.
- Poiché alcuni dati caricati dall'utente potrebbero esser coperti da particolari condizioni di riservatezza, è necessario verificare se tali dati sono soggetti a vincoli e/o limitazioni.

1.1.7 Stakeholders Coinvolti

Gli utenti principali interessati all'applicativo sono ENEA (Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie), ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), Corpo delle Capitanerie di Porto, CUFAA (Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari), Guardia di Finanza, che rappresentano le principali istituzioni e organi preposti e specializzati nel dominio del Verticale 4 del SIM.

Dato l'elevato livello di competenze e conoscenze specifiche nel richiesto nell'impiego di questo strumento, l'applicativo è rivolto ad utenti di tipo esperto.

Stakeholders	Tipologia interazione
ENEA	Fruitore del servizio
ISPRA	Fruitore del servizio
Corpo delle Capitanerie di Porto- Guardia Costiera	Fruitore del servizio
CUFAA	Fruitore del servizio
Guardia di Finanza	Fruitore del servizio

Stakeholders	Tipologia interazione
Istituti ed enti di ricerca, agenzie nazionali e regionali	Fruitore del servizio
SNPA	Fruitore/Fornitore del servizio

1.1.8 Conclusione e Riepilogo

Le analisi di immagini multispettrali possono trovare largo impiego in ambiti di applicazione estremamente diversificati: l'elemento cardine è rappresentato dalla **firma spettrale** che identifica l'oggetto dell'analisi all'interno della scena.

L'applicativo si prefigge quindi l'obiettivo di rendere disponibile agli utenti uno strumento di analisi declinabile, a seconda delle specifiche necessità a scopi molto diversificati. Questa specifica caratteristica, che non lega l'applicativo ad un ambito di applicazione univoco predeterminato, richiede che l'applicativo sia rivolto ad utenti esperti.

Per tali motivazioni, il presente Applicativo può essere visto come uno strumento di analisi condiviso nel SIM e integrabile nei workflow elaborativi definiti da altri Applicativi specifici, offrendo elevate caratteristiche di elasticità in termini di dati di input elaborabili e flessibilità nella definizione degli obiettivi.

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
V4AP08_RF001	Selezione dei dati di input	L'utente seleziona i dati tra quelli indicati nel "Catalogo delle Fonti di Dati" e ritenuti dall'utente necessari all'elaborazione.	Si richiede che l'utente possa compilare un controllo comune (lista a scelta multipla) popolati dall'elenco delle fonti dati disponibili e censite all'interno del Data Catalog.	Si deve prevedere una funzionalità che permetta all'utente di selezionare i dati richiesti dal modello sulla base di un set predefinito
V4AP03_RF002	Upload dati da parte dell'utente	Qualora l'utente intenda utilizzare dati in proprio possesso, gli sarà reso disponibile	Vengono utilizzate le componenti standard del thin client, preimpostando i	l'implementazione avviene attraverso l'impiego di componenti rese disponibili dalla Digital eXperience Platform

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione	Implementazione
		una funzionalità di upload	formati e i volumi massimi supportati al fine di acquisire il dato	
V4AP08_RF003	Selezione del perimetro di interesse	Se l'utente di riferimento è interessato alla elaborazione solo per un'area specifica di interesse, corrispondente, per esempio, ad un confine amministrativo, si potrà scegliere di eseguire l'elaborazione solo all'interno del perimetro definito da quest'area selezionata	Qualora l'utente scelga di effettuare le elaborazioni su ambiti territoriali ristretti, l'applicativo dovrà preliminarmente operare un ritaglio dei dati e delle immagini in input	Saranno implementate le funzionalità gis di ritaglio sui dati raster. Sarà previsto un controllo di validazione contestuale dell'esistenza di dati nell'area di ritaglio
V4AP08_RF004	Selezione del target (firma spettrale)	Questo requisito riguarda la selezione della firma spettrale da utilizzare come target selezionabile dalla libreria spettrale resa disponibile nel SIM. Questo requisito è opzionale, dipendentemente della modalità di analisi che vuole eseguire l'utente	Si dovrà rendere disponibile all'utente un controllo per la selezione di una firma spettrale, selezionata sulla base del catalogo di firme presenti nel SIM	Si deve implementare una funzionalità che permetta all'utente di selezionare il parametro rendendo disponibili il set di valori presenti nelle librerie spettrali presenti nel SIM
V4AP08_RF005	Selezione metodo di classificazione	All'utente viene richiesto quale specifico algoritmo richiamare per	Approfondito in Dettagli sugli Algoritmi	Le routine di preelaborazione del dato vengono integrate per rendere lo stesso fruibile dai successivi step di elaborazione

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione	Implementazione
		eseguire la classificazione		
V4AP08_RF006	Selezione del dataset di training	Qualora venga selezionato un algoritmo di classificazione supervisionato, viene richiesto all'utente il dataset di training	Si rende disponibile la selezione di dataset presenti nel SIM e disponibili per l'utente	È necessario implementare le configurazioni dei dataset di classificazione per il popolamento dei controlli di selezione.
V4AP08_RF007	Algoritmi di pre-processing	Questo requisito riguarda l'implementazione, attraverso opportuna integrazione, di un algoritmo di pre-processamento per gestire l'ingestion di dati eterogenei provenienti da fonti diverse.	Approfondito in Dettagli sugli Algoritmi	Le routine di preelaborazione del dato vengono integrate per rendere lo stesso fruibile dai successivi step di elaborazione
V4AP08_RF008	Algoritmi di analisi spettrale	Questo requisito riguarda l'implementazione di algoritmi di analisi spettrale basata su confronti di firma	Approfondito in Dettagli sugli Algoritmi	Vengono impiegati Tecnologie di base dell'Intelligence platform per integrare funzioni, modelli e algoritmi del servizio applicativo
V4AP08_RF009	Algoritmi di classificazione	Questo requisito riguarda l'implementazione di algoritmi di classificazione sia della famiglia supervisionata o non supervisionata	Approfondito in Dettagli sugli Algoritmi	Vengono impiegati Tecnologie di base dell'Intelligence platform per integrare funzioni, modelli e algoritmi del servizio applicativo
V4AP08_RF010	Vettorializzazione dati output	Questo requisito riguarda la realizzazione del processo di vettorializzazione in base alla tipologia delle fonti di input.	Approfondito in Dettagli sugli Algoritmi	Vengono impiegati Tecnologie di base dell'Intelligence platform per integrare funzioni, modelli e algoritmi del servizio applicativo

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione	Implementazione
V4AP08_RF011	Generazione di report sullo stato di esecuzione dell'elaborazione	Viene indicato l'esito delle l'elaborazione, la marca temporale, il dominio dei dati di input e un riferimento all'output prodotto (link)	Viene sviluppato un set di metadati contenenti l'informativa del report successivamente indirizzabile attraverso la visualizzazione interattiva o altro mezzo (mail)	Il metadato viene associato al contenuto generato dall'elaborazione archiviato all'interno del DataCatalog
V4AP08_RF012	Notifica di completamento elaborazione (Alert)	Questo requisito riguarda la Notifica di avviso per completamento della elaborazione.	Visualizzazione di una notifica di completamento generazione mappa tematica e invio report relativo a requisito (generazione),	Implementazione di un servizio di notifica interattiva o attraverso altro mezzo (mail)
V4AP03_RF0013	Produzione mappe tematizzate	Questo requisito riguarda la 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
V4AP03_RF0014	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
V4AP03_RF0015	Generazione di report sintetico sui risultati dell'elaborazione	Il SIM dovrà predisporre un report di sintesi sui risultati dell'analisi condotta e riportare tutte le informazioni	Il report dovrà essere progettato in modo tale da garantire all'Utente la disponibilità di	Il report dovrà essere sviluppato assicurando caratteristiche di leggibilità elevate e completezza delle informazioni necessarie.

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione	Implementazione
		relative agli input utilizzati.	tutte le informazioni di interesse.	

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 esperto autenticato e autorizzato all'accesso alla sezione dedicata del SIM seleziona attraverso specifico menù i dati necessari al workflow elaborativo. L'operazione di selezione può avvenire in due modalità:

- Selezione dal Data Catalog del SIM
- Upload dati da parte dell'Utente.

Come passo successivo di impostazione dell'elaborazione, se l'utente di riferimento è interessato alla elaborazione solo per un'area di interesse specifica, sarà possibile definirla attraverso operazione di ritaglio o selezione di confini amministrativi.

Definito l'area oggetto di analisi, il servizio applicativo verifica la presenza delle fonti dati per l'elaborazione. Qualora non sia presente il dato, il sistema informa l'utente di impossibilità a procedere. In caso contrario vengono consentite le successive operazioni di:

- scelta della firma spettrale: Questa scelta è opzionale e dipende se l'utente opera in condizioni di target (firma spettrale) nota o meno.
- Scelta dell'algoritmo di classificazione.

Nel caso di selezione di metodi di classificazione supervisionati, sarà anche richiesto all'utente di identificare un dataset di training.

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, analisi spettrale, classificazione e vettorializzazione sulla base delle scelte impostate dall'utente in fase iniziale.

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, allegando il link al report sullo stato di esecuzione dell'elaborazione.

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

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 vettoriali 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 inoltre avrà la possibilità di visualizzare un report di sintesi relativo ai risultati ottenuti e contenente tutte le informazioni relative agli input dell'analisi (impostazioni, dati di input, firme spettrali analizzate).

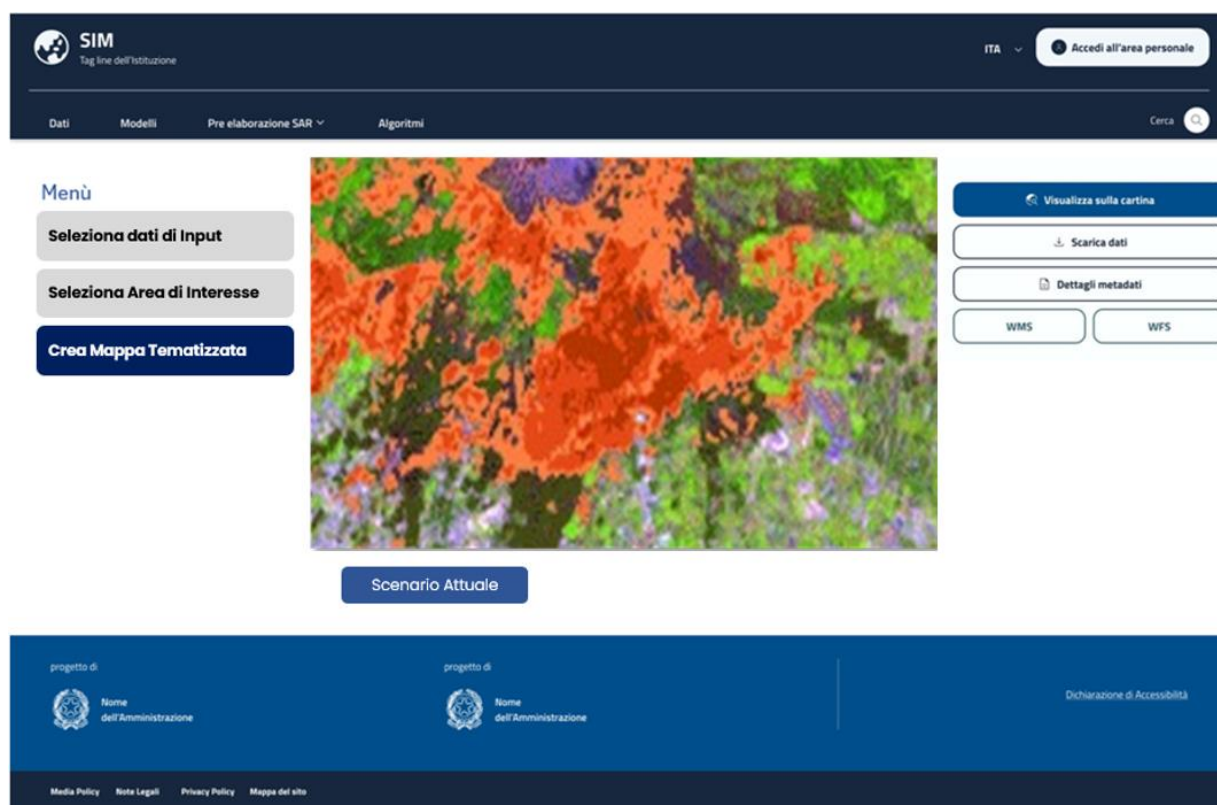


Figura 6 – Esempio di Output previsto dall'applicativo

1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione
V4AP08_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.
V4AP08_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	Vedasi descrizione presente nel master.

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione
		catena di elaborazione a cui sono stati sottoposti, sia in termini temporali, che operativi.	
V4AP08_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.
V4AP08_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.
V4AP08_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.
V4AP08_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.
V4AP08_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.
V4AP08_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.

ID	Requisito	Descrizione	Progettazione
V4AP08_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 all'effettiva disponibilità per ogni ambito applicativo dei dati specifici e opportunamente strutturati per l'esecuzione degli algoritmi di analisi multipettrali.

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

1.3 Architettura logico-applicativa del Sistema

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

1.3.1 Requisiti Non-Funzionali

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

Requisito	Descrizione
GENERAL	Le immagini delle sorgenti degli stakeholder devono essere ad alta risoluzione con frequenza di aggiornamento almeno annuale
SICUREZZA	L'accesso all'interfaccia deve avvenire secondo le regole definite nel documento "classi di utenza" del SIM
PERFORMANCE	I tempi di risposta delle request API eseguite da interfaccia webGIS nel caso di funzionamento in modalità sincrona, devono rientrare nei tempi accettabili alle esigenze dell'utente
SCALABILITÀ	I servizi implementati nell'Application Platform e nell'Intelligence Platform devono poter avere una infrastruttura scalabile sia verticalmente che orizzontalmente per venire incontro ai requisiti prestazionali che i modelli deterministici e i modelli di machine learning richiedano
	I moduli software devono poter essere mandati in esecuzione in parallelo senza causare collisioni di processo o di dati
ALTA DISPONIBILITÀ	Il deployment dei servizi deve avvenire in continuous delivery o in continuous deployment mantenendo la disponibilità del servizio a front end durante i rilasci
	I servizi devono garantire auto recovery mantenendo la consistenza dei dati ad ogni riavvio
INTEROPERABILITÀ	Lo scambio dei dati tra il SIM e gli stakeholder avviene secondo protocolli di interoperabilità definiti negli accordi di servizio tra il MASE e gli stakeholder
COMPATIBILITÀ	Tutte le interfacce grafiche devono essere compatibili con i browser più utilizzati sul mercato (Google Chrome, Safari, Microsoft Edge, Firefox, Opera, Internet Explorer)
	Lo sviluppo dell'App per la consultazione delle mappe deve esser fruibile su entrambi i marketplace (PlayStore per Android ed Apple Store per iOS)
MICROSERVIZI	L'interazione tra i servizi e l'utente può avvenire in modalità sincrona nel momento in cui l'interfaccia utente aspetta l'esito del risultato, tipicamente in questo caso il controllo delle invocazioni delle request e delle relative response sono ad appannaggio del Server che espone l'API. Oppure in modalità asincrona nel momento in cui l'interfaccia utente non attende l'esito del microservizio invocato, ma il risultato viene notificato all'utente tramite messaggio al termine dell'elaborazione. Nella modalità asincrona viene invocato il servizio di elaborazione che, a sua volta invia un messaggio a un message broker per notificare l'esito dell'elaborazione oppure per notificare l'alert nel caso di rilevate anomalie che necessitano approfondimenti.
CONTENT SHARING	I dati prodotti dalle applicazioni del SIM, utili tra diverse applicazioni vengono memorizzate nel repository del SIM a meno di diverse indicazioni degli stakeholder
POLICY DI INGESTION	In linea con la definizione di data mesh, i dati degli stakeholder vengono importati nel SIM su aree di storage temporanee solo nel momento in cui servono alla richiesta dell'utente.

Requisito	Descrizione
LOGGING	I log applicativi devono poter essere accessibili tramite interfaccia unica per facilitare le attività di operation nella ricerca delle cause di errore
	I log devono essere categorizzati e ordinabili per priorità (es: FATAL, ERROR, WARNING, ...), ordinabili per data e riconoscibili univocamente
	Per garantire la tracciabilità delle azioni i log devono contenere il dettaglio dell'utente/profilo e dell'orario in cui sono state eseguite le azioni oggetto di logging
USABILITÀ	Tutte le interfacce grafiche devono esser facilmente leggibili adottando le migliori dimensioni, font ed accorgimenti nella costruzione delle pagine

Tabella 1 Requisiti non funzionali

1.3.2 Diagramma Architeturale

Di seguito è descritta l'architettura del sistema per l'implementazione dell'applicativo 8 del verticale, inclusi flussi dati, le relazioni tra macro-componenti e le piattaforme SIM utilizzate.

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

1. L'utente interagisce con l'applicativo attraverso un'interfaccia grafica Web, che mette a disposizione tutte le funzionalità necessarie per la generazione di carte di copertura del suolo a partire da immagini multispettrali ad alta risoluzione. L'interfaccia grafica è integrata nella Digital eXperience Platform.
2. L'utente si autentica con credenziali attraverso una pagina di login messa a disposizione dal PSN. L'integrazione avviene attraverso API dedicate al processo di autenticazione.
3. Superato il processo di autenticazione, l'utente accede all'interfaccia web dove può ricercare e visualizzare i risultati di elaborazioni precedenti con gli strumenti GIS a disposizione, e dove può avviare un processo di elaborazione per la analisi spettrale di immagini. L'interfaccia comunica con la base dati applicativa attraverso API mediante l'Integration Platform. Le funzionalità GIS sono accessibili dall'interfaccia grafica mediante l'utilizzo dell'API Gateway che si pone come interfaccia per l'invocazione delle API GIS esposte dal PSN.
4. All'avvio di un nuovo processo di creazione di una mappa tematica, l'utente viene indirizzato sull'interfaccia di selezione dei dati in input da utilizzare. L'elenco dei dati disponibili viene ottenuto dall'integrazione con il Master Catalog tramite API, quindi pre-filtrati rispetto ai dati utilizzabili per l'analisi. Vengono quindi proposti dal sistema fonti dati che includono immagini multispettrali ad alta o altissima risoluzione. E' possibile per l'utente utilizzare ulteriori filtri per restringere l'elenco di dati disponibili. L'utente può scegliere anche di utilizzare propri dati, effettuando l'upload di dati attraverso una funzionalità ad hoc integrate nel Digital eXperience Platform e selezionarli come fonte di input per l'esecuzione. In questo caso i dati vengono persistiti in un'area di lavoro dedicata all'utente su object storage ed indicizzati sulla base dati attraverso l'implementazione di API dedicate.
5. Al passo successivo, l'utente deve selezionare l'area di interesse su cui effettuare l'analisi. Vengono quindi mostrati sull'interfaccia tool di selezione WebGIS per la selezione tramite: selezione dei confini amministrativi, da elenco o interagendo direttamente con i layer su mappa, utilizzando dati vettoriali presenti nel SIM per la selezione oppure tramite selezione a mano libera eseguita su mappa. Si otterrà in questo modo il vettoriale da utilizzare come filtro per il ritaglio degli input.

6. L'utente può selezionare i parametri di esecuzione, quali il target (firma spettrale) da utilizzare nell'analisi tra quelli disponibili. L'utente deve inoltre selezionare il metodo di classificazione da utilizzare. Nel caso di selezione di classificazione supervisionata, il sistema richiede l'upload del dataset di training da utilizzare. I dati vengono inseriti nell'area di lavoro dell'utente tramite gli strumenti integrati della Digital eXperience Platform. Tali dati devono rispettare i requisiti di formato previsti dal SIM.
7. In seguito alla conferma da parte dell'utente del perimetro e dei parametri di esecuzione, l'utente può avviare l'esecuzione del processo di elaborazione. L'utente riceve conferma dell'avvio del processo asincrono, ed il sistema recupera i metadati relativi ai dati di input selezionati dal Master Catalog; quindi, interroga le fonti dati correlate per recuperare le immagini selezionate, filtrando per il solo perimetro di interesse. 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 dei formati eterogenei e delle caratteristiche geografiche dei dati (proiezione, risoluzione), agli algoritmi spettrale secondo i parametri impostati e gli algoritmi di classificazione indicati. Infine, viene eseguita la vettorializzazione dei dati raster risultanti. Gli output di questo processo sono mappe tematiche elaborate sulla base dei parametri indicati dall'utente e relativi ai dati di input ed al perimetro indicato, sia in formato raster che vettoriale. Inoltre, viene elaborato un report sintetico di esecuzione, archiviato all'interno del Data Catalog.
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 contenente il report sintetico ed il riferimento agli output generati. L'utente può utilizzare strumenti WebGIS disponibili per la visualizzazione della/e mappe tematiche risultanti dal processo, o effettuarne il download in formati comuni (ad esempio GeoTIFF, PDF, ecc.)

Il flusso dei dati avviene secondo i seguenti passaggi principali:

1. Login utente: per l'autenticazione viene messa a disposizione dal PSN l'integrazione con IAM e le piattaforme coinvolte sono le seguenti:
 - la Digital eXperience Platform: espone la pagina di login, che interroga le funzionalità IAM. Se la richiesta di autenticazione va a buon fine allora la chiamata viene reindirizzata dalla componente IAM alla pagina Web principale dell'applicativo
 - la Componente PaaS dello IAM che gestisce gli accessi.
2. Interfaccia utente Web: mediante l'interfaccia grafica si richiamano le API dell'Integration Platform, e la logica implementata, che permettono di utilizzare le funzionalità implementate. Le piattaforme coinvolte sono specifiche per ogni funzionalità come descritto in seguito.
3. Funzione di upload dati utente: sia nell'ambito della selezione del perimetro che nella fase di selezione dati di input, l'utente può effettuare l'upload di dati da utilizzare per l'esecuzione. In

entrambi i casi i dati vengono persistiti all'interno di un'area di lavoro dell'utente, storicizzata su object storage ed indicizzata su database. In questo caso vengono coinvolte le seguenti piattaforme:

- La Digital eXperience Platform come interfaccia di interazione utente
 - Integration Platform per l'utilizzo di API Gateway nello scambio dati
 - Data Platform per la persistenza dei dati e dei metadati associati ad essi.
4. Funzionalità Geo Database: tramite interfaccia grafica si possono ricercare i dati da utilizzare come input per l'elaborazione degli algoritmi ed i dati per la selezione del perimetro con le funzionalità del Data Access Broker del SIM. Le piattaforme coinvolte sono le seguenti:
- la Digital eXperience Platform per utilizzare le funzionalità di ricerca invocando le API REST di interfaccia con la Data Platform mediante l'utilizzo dell'API Gateway.
 - l'Integration Platform per l'utilizzo dell'API Gateway
 - la Data Platform per l'utilizzo dei servizi GeoDAB e l'interrogazione del Master Catalog.
5. Utilizzo di funzionalità GIS: tramite interfaccia grafica si possono effettuare operazioni sulle mappe tematiche generate e sui dati geografici in fase di definizione del perimetro di esecuzione con le funzionalità GIS messe a disposizione del PSN. Le piattaforme coinvolte sono le seguenti:
- la Digital eXperience Platform per utilizzare le funzionalità GIS invocando le API GIS del PSN mediante l'utilizzo dell'API Gateway.
 - l'Integration Platform per l'utilizzo dell'API Gateway
 - la Geospatial Platform per l'utilizzo dei servizi GIS.
6. Gestione dati input esecuzione: vengono recuperate mediante API dai sistemi federati, a partire dai metadati presenti sul Master Catalog, con l'utilizzo dell'API Gateway che invoca i servizi dei Sistemi federati. Le piattaforme coinvolte sono le seguenti:
- la Digital eXperience Platform per invocare le API di acquisizione dati dai sistemi federati passando come informazione il perimetro di riferimento selezionato dall'utente.
 - l'Integration Platform per l'utilizzo dell'API Gateway per l'interrogazione dei sistemi federati
 - la Data Platform per la creazione di aree di lavoro temporanee quindi la persistenza dei dati acquisiti in un object storage.
7. Avvio elaborazione dati: l'utente invoca l'esecuzione degli algoritmi tramite interfaccia grafica, con i parametri in input previsti. Le piattaforme coinvolte sono:
- la Digital eXperience Platform per gestire l'avvio da parte dell'utente dell'esecuzione algoritmi, quindi l'invocazione dell'API che gestiscono il processo
 - l'Integration Platform per l'utilizzo dell'API Gateway che collega l'interfaccia grafica al processo implementato sull'Intelligence Platform
 - la Intelligence Platform che esegue il workflow di elaborazione delle carte di copertura del suolo a partire dalle immagini multispettrali scelte dall'utente
 - la Data Platform che persiste i dati di output risultanti sul DB e Object Storage S3.
8. 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
- l'Integration Platform per l'utilizzo dell'API Gateway
- la Data Platform per il recupero delle informazioni delle carte.

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

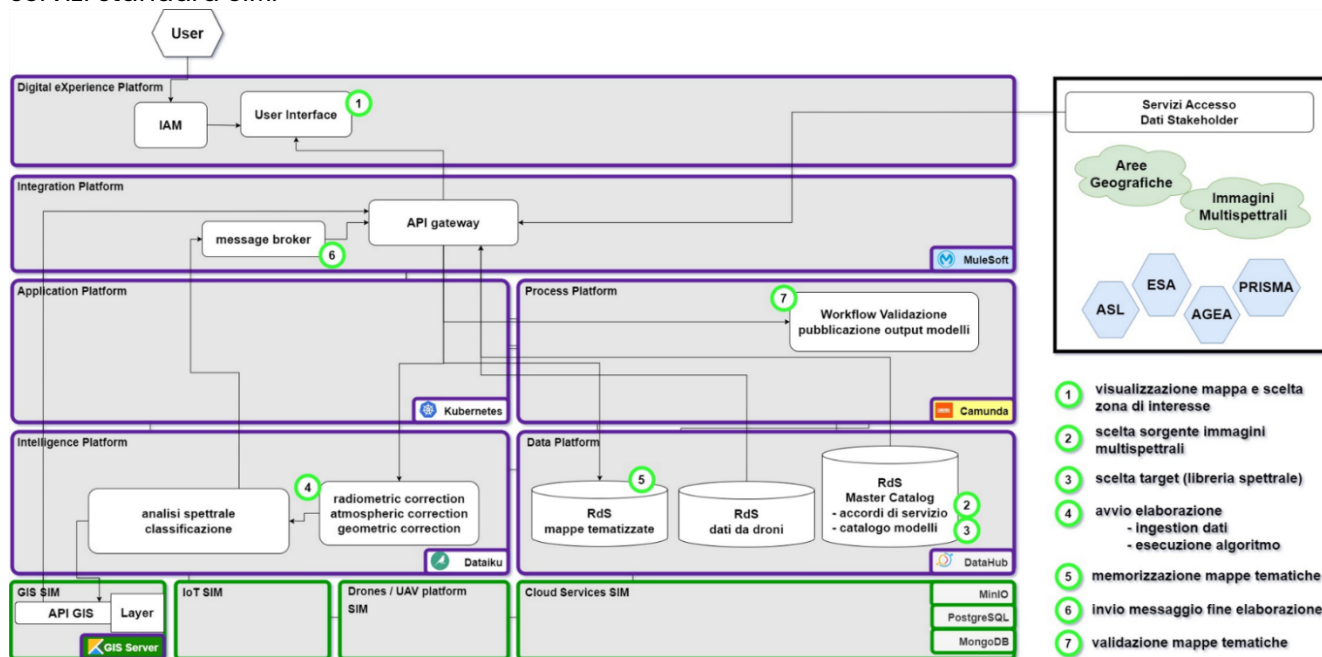


Figura 1 Diagramma Architetture

1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate

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

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

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	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
Process Platform	Business Process Modelling	NO	
	Workflow Engine	SI	Viene integrato un workflow di validazione output orientato alla pubblicazione dei risultati ottenuti dall'elaborazione
	Business Rule Engine	NO	
	Analytics and Reporting	NO	
	Integration and Connectivity	NO	
	Collaboration and Communication tools	NO	
	Security and Access Control	NO	
	Complex Event Processing	NO	
Data Platform	Extract, Transform, Load (ETL) tools	NO	
	Data Modelling tools	NO	
	Business Intelligence tools	NO	
	Metadata Management tools	SI	L'integrazione con il Master Catalog prevede l'utilizzo dei metadati associati per

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			l'accesso ai sistemi federati
	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	SI	Uno degli output dell'applicazione consiste nella generazione di report sintetici riguardanti le elaborazioni effettuate
	Data Visualization engines	SI	L'utente può visualizzare i dati generati attraverso strumenti WebGIS integrati
	Indexing, search	SI	L'utente può ricercare dati all'interno del catalogo attraverso ricerca semantica o basata su metadati
Intelligence Platform	AI/ML Frameworks catalog	NO	
	AI/ML Flows	NO	
	AI Models Lifecycle Management	NO	
	AI Data Preparation	NO	
	Model Deployment	SI	Gli algoritmi vengono rilasciati sotto forma di workflows nell'intelligence platform.
	Model Monitoring	SI	L'utente deve poter monitorare l'esecuzione del

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			workflow e verificarne l'esito
	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	
	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

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			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	
	Service Access Policies	NO	
	Single Page Apps	SI	L'interfaccia Web viene implementata mediante tecnologia SPA
	Forms	NO	
	Asset Publisher	NO	
	Search	NO	
	Fragments and Pages	NO	
	SEO and Page Analytics	NO	
Geospatial Platform	Data Integration	SI	L'applicativo utilizza dati in formati che possono essere eterogenei sia in termini di proiezione, che di risoluzione e formato.
	Remote Sensing	NO	
	GIS base services	SI	L'utilizzo di strumenti GIS è previsto per la visualizzazione degli output;

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			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 applicare selezioni basate su strumenti di spatial analytics.
	Risk Assessment	NO	
	Predictive Modeling	NO	
	Climate Change Analysis	NO	
	Environmental Impact Assessment	NO	
	Reporting and Visualization	NO	
	Historical Data Analysis	NO	
	Scenario Planning	NO	

Tabella 2 Capability delle piattaforme SIM utilizzate in questo applicativo

1.4 Dati di input

1.4.1 Introduzione ai Dati di Input

I dati di input necessari si riassumono nelle seguenti categorie:

Immagini multispettrali alta risoluzione;

Immagini in possesso dell'utente (per esempio rilievi effettuati con droni o immagini acquisite esternamente al SIM)

Perimetrazione area di interesse.

1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati

ID	Nome sorgente dati	Proprietà dei dati (owner)	Modalità di accesso	Frequenza di aggiornamento	Soluzione di accesso	Caratteristiche legate alla sensibilità dei dati	Uso previsto del dato	Criticità
V4AP08_DI01	Immagini multispettrali alta risoluzione	Iride Service Segment / ESA	online	Secondo accordi con il provider	API / Stream	Unclassified	Dato di input per gli algoritmi di analisi spettrale e classificazione	Dato attualmente non disponibile. Criticità legata alle caratteristiche non note del dato
V4AP08_DI02	Confini amministrativi	ISTAT	online	Annuali	API / Stream	Unclassified	Dato di input per delimitare l'area oggetto di analisi	Al momento non si ravvisano criticità
V4AP08_DI03	Immagini multispettrali	COPERNICUS/ESA (sentinel 2)	online	Secondo accordi con il provider	API / Stream	Unclassified	Dato di input per gli algoritmi di analisi spettrale e classificazione	Al momento non si ravvisano criticità

ID	Nome sorgente dati	Proprietà dei dati (owner)	Modalità di accesso	Frequenza di aggiornamento	Soluzione di accesso	Caratteristiche legate alla sensibilità dei dati	Uso previsto del dato	Criticità
V4AP08_DI04	Immagini in possesso utente	Utente	Upload sul SIM	On demand	Gestore dati SIM	Classified se richiesto dall'utente	Dato di input per gli algoritmi di analisi spettrale e classificazione	Immagine con caratteristiche peculiari degli strumenti utilizzati per il rilievo

1.4.3 Specifiche di contenuto

Specifiche di contenuto

ID	Specifiche di contenuto
V4AP08_DI01	Immagini multispettrali alta risoluzione
V4AP08_DI02	Confini amministrativi - Dato vettoriale relativo alle perimetrazioni amministrative nazionali
V4AP08_DI03	Immagini multispettrali
V4AP08_DI04	Immagini in possesso utente

1.5 Sistemi federati

1.5.1 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 fruiscano delle potenzialità operative messe a disposizione dal SIM.

È stato quindi identificato il set di sistemi informativi appartenenti alla federazione SIM di seguito elencati. Tale elenco potrà essere ulteriormente modificato/confermato in una fase successiva.

1.5.2 Elenco dei Sistemi Federati

ID	Nome sistema federato	Descrizione	Proprietà del servizio	Modalità di interazione	Caratteristiche sensibilità servizio
V4AP08_SF01	IRIDE	Costellazione rivolta all'acquisizione di dati satellitari a differente frequenza (pancromatico, multispettrale, iperspettrale, infrarosso)	ESA	Interoperabilità	no
V4AP08_SF02	COPERNICUS	Fornisce dati di monitoraggio del territorio e dell'ambiente	ESA	Interoperabilità	no
V4AP08_SF03	ISTAT	ISTAT rende disponibili con frequenza di aggiornamento annuale i dati geografici relativi ai confini amministrativo	ISTAT	Interoperabilità	no

1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli

Funzioni, Algoritmi e Modelli L'applicativo segue un workflow elaborativo i cui step si riassumono in:

1. Acquisizione dati
2. Elaborazione
3. Estrazione e classificazione

Acquisizione dati

La fase di ingestione dei dati viene proposta e semplificata per l'utente tramite un'interfaccia grafica intuitiva per la selezione da catalogo dei dati di input al modello. Sono previste funzionalità minime richieste all'interfaccia grafica a supporto dell'utente in questa fase quali barra di navigazione, ricerca rapida attraverso parole chiave, filtri di ricerca ecc.

Elaborazione

I dati selezionati ed importanti vengono visualizzati in ambiente mappa. A seconda del livello di processamento del dato importato (RAW DATA / HIGH LEVEL DATA) dal catalogo del SIM, l'applicativo proporrà o meno un'elaborazione del tipo PRE-PROCESSING ANALYSIS, diversamente si potrà procedere al confronto del profilo spettrale delle immagini con le librerie spettrali di riferimento.

L'analisi spettrale può essere avviata direttamente dall'utente nel caso si disponga di dati idonei (high level data) oppure a valle delle operazioni di pre-processamento sul dato RAW.

Estrazione e classificazione

L'algoritmo è finalizzato all'identificazione di target presenti nel dato basandosi sulle loro caratteristiche spettrali. L'analisi può essere condotta in due modalità, a seconda che il target di riferimento sia noto o meno (algoritmi di tipo supervisionato o non supervisionato). Qualora il target sia noto, 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 o con i materiali presenti nella libreria spettrale. Nel caso in cui il target non sia noto, l'algoritmo stesso individua relazioni di similitudine o differenza che caratterizzano il contenuto informativo del dato di ingresso. L'output consiste quindi in una ripartizione del dato di input in sottoinsiemi che hanno caratteristiche comuni, organizzandoli per gruppi (cluster) di appartenenza alla stessa famiglia.

Gli algoritmi di classificazione, che sia della famiglia supervisionata o non supervisionata (specificati nel paragrafo Dettagli sugli algoritmi) potranno essere scelti dall'utente fra quelli resi disponibili dall'applicativo. 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.

Gli output prodotti vengono resi disponibile in formato vettoriale tramite procedura di vettorializzazione, consentendo di rappresentare in modo più flessibile e interpretabile le informazioni contenute nei dati raster, facilitando così la manipolazione, l'analisi e la visualizzazione di tali dati nei sistemi informativi geografici (GIS) degli utenti.

1.6.1 Criteri di Selezione

Gli algoritmi sono alternative best-in-class più mature secondo lo stato dell'arte e selezionate nel perimetro funzionale espresso dall'utente e considerando le condizioni al contorno imposte dai dati di input.

Questo applicativo prevede lo sfruttamento di grandi volumi di dati spaziali di conseguenza l'impiego di algoritmi altamente efficienti è cruciale per garantire la velocità e l'affidabilità delle elaborazioni. In generale, i criteri di selezione degli algoritmi adottati hanno incluso valutazioni secondo i seguenti fattori chiave:

Tipo di Dato: valutazioni sulla sorgente informativa (satellitare, aereo, drone, da campo), livello di processing (dato raw, o già trasformato) ed il formato (raster, vettoriale). Algoritmi specifici sono progettati per gestire tipologie diverse di informazioni piuttosto che altre.

Comprensione del Contesto Applicativo: valutazioni sull'adattamento degli algoritmi alle esigenze specifiche del contesto applicativo e alle esigenze dell'utente.

Capacità di Gestire Grandi Quantità di Dati: valutazioni sulla capacità dell'algoritmo di gestire grandi volumi di dati.

Efficienza Computazionale: valutazioni sulla potenza computazionale richiesta dagli algoritmi, specialmente quando si tratta di elaborare dati su larga scala.

Flessibilità e Scalabilità: valutazione sulla flessibilità e scalabilità affinché l'algoritmo possa adattarsi alle diverse tipologie di dati previsti in input.

1.6.2 Tipologie di Funzioni Applicative

Non sono previste funzioni applicative per questo verticale.

1.6.3 Dettagli sugli Algoritmi

Pre-Processing

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

cartografici o dati telerilevati, che renderà disponibili al SIM ed alle sue applicazioni, prodotti di livello avanzato.

L'applicativo oggetto di progettazione in questo documento prevede l'utilizzo di dati provenienti da sorgente informativa diverse (satellitare, aereo, drone, da campo) che possono quindi avere un diverso livello iniziale di processing (dato raw o già trasformato). Il preprocessamento comprende:

1.6.3.1 Radiometric Correction

Radiometric Correction radianza al sensore, non considerando quindi gli effetti di distorsione introdotti dal percorso dell'onda elettromagnetica in atmosfera, che verrà considerata invece dall'algoritmo di correzione atmosferica.

L'algoritmo di correzione radiometrica si basa, generalmente, su una funzione lineare del tipo:

$$\text{Rad}_i = \text{DN}_i * \text{Guadagno}_i + \text{offset}_i$$

Per ogni banda, la radianza deriva quindi dal DN registrato moltiplicato per il guadagno del sensore a cui va aggiunta un offset rappresentato spesso dal rumore di fondo del sensore. I parametri di guadagno ed offset sono forniti, per ogni banda, dal provider del sensore o dell'immagine e riportati nei metadati del prodotto stesso e ricalcolati nel tempo per tenere conto dell'invecchiamento del sensore.

1.6.3.2 Atmospheric Correction

Atmospheric Correction dell'atmosfera a partire dall'immagine stessa. Tra questi il più noto e diffuso è quello denominato "dark pixel" (pixel nero). Come anticipato questa metodologia è la meno accurata e non tiene conto della variazione spaziale dell'atmosfera. Inoltre, i pixel veramente "neri" su tutte le bande sono molto rari.

1.6.3.3 Geometric Correction

Geometric Correction a basemap nei sistemi GIS.

Esistono diversi metodi che permettono di correggere geometricamente l'immagine, ed alcuni sono specializzati per determinati tipi di piattaforme (satellitari o aeree) e per determinati livelli di risoluzione. L'elaborazione comprende la determinazione di un sistema di coordinate di partenza e di arrivo, i punti che definiscono le posizioni dei pixel sulla nuova immagine e per ultimo la stima dei valori da assegnare ai nuovi pixel così localizzati.

In generale gli algoritmi di trasformazione sfruttano il metodo dei minimi quadrati e si basano sulle informazioni provenienti dalla geometria di acquisizione (orbitale o aerea) o sui punti di controllo a terra (GCP). Nel primo caso dovranno essere disponibili nei metadati le informazioni di dettaglio sulle geometrie di acquisizione in modo da poter eseguire in maniera automatica la procedura. Nel secondo caso sarà l'operatore a dover individuare o fornire i GCP (sia come coordinate immagine riga/colonna, sia come coordinate geografiche) utili alla corretta esecuzione delle trasformazioni. Quest'ultima operazione prevede l'utilizzo di un tool di supporto per collezionare ed eseguire il match tra i punti della mappa di riferimento e quelli dell'immagine da correggere. L'ordine della

trasformazione ne determina la complessità, il carico computazionale necessario e l'accuratezza. Trasformazioni del primo ordine, definite lineari, sono più adatte a problemi semplici su aree piccole, mentre per problemi più complessi e dati fortemente distorti si possono utilizzare trasformazioni di ordine superiore, fino al quarto. Una volta individuata la nuova matrice georeferenziata bisognerà andare a riportare in essa i corrispettivi valori di radianza e/o riflettanza. Questo passaggio richiede necessariamente tecniche di interpolazione (nearest neighbour, bilinear, bicubic) che vanno ad alterare in maniera più o meno consistente il valore originale del pixel in quel punto. Inoltre, se nell'immagine considerata sono presenti rilievi orografici o pendenze, l'immagine andrà ortorettificata con l'ausilio di un Digital Terrain Model (DTM) che andrà a ridefinire ulteriormente la trasformazione dell'immagine.

1.6.3.4 Algoritmi di Analisi Spettrale Basata su Confronti di Firma

Algoritmi di Analisi Spettrale Basata su Confronti di Firma

Qualora il target sia noto, 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.

1.6.3.5 Classificazione

Classificazione

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. 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.

Reti neurali Multi Layer Perceptron (MLP), sono in grado di svolgere compiti di classificazione dimostrando notevoli capacità di apprendere rappresentazioni complesse dei dati e di generalizzazione. Richiedono spesso un numero significativo di dati di addestramento e di conseguenza tempo e risorse computazionali considerevoli per l'addestramento.

Al contrario, la tipologia non supervisionata non necessita di dati di input etichettati, è l'algoritmo stesso ad individuare relazioni di similitudine o differenza che caratterizzano il contenuto informativo del dato di ingresso. L'output consiste quindi in una ripartizione del dato di input in sottoinsiemi che hanno caratteristiche comuni, organizzandoli per gruppi (cluster) di appartenenza alla stessa famiglia. Appartenenti a questa famiglia, a scelta in fase di sviluppo, possono essere proposti i seguenti algoritmi:

K-Means è uno degli algoritmi di clustering più utilizzati. Esegue una suddivisione del dato in K cluster in base alle somiglianze tra gli oggetti, dove K è un numero predefinito scelto dall'utente. Questo algoritmo è particolarmente utile quando il numero di cluster desiderato è noto a priori. Deve essere

inizializzato dall'utente scegliendo il numero di cluster e centroidi, potendo attuare diverse strategie di inizializzazione, come la scelta casuale o basata su dati.

Mean Shift trova i massimi locali della densità dei dati nello spazio delle caratteristiche. Viene utilizzato per identificare i cluster senza specificare a priori il numero di cluster. L'inizializzazione di questo algoritmo si basa sulla definizione di una finestra di ricerca detta "kernel" intorno a ciascun punto nel dataset. Il kernel può assumere diverse forme, come un cerchio o una sfera, e la sua dimensione può essere regolata. La larghezza della finestra di ricerca influenza molto le performance di questo algoritmo e può risultare computazionalmente più oneroso rispetto al k-means, ma offre il vantaggio di non specificare il numero di cluster a priori e poter gestire cluster di forme e dimensioni diverse.

Gli algoritmi, che sia della famiglia supervisionata o non supervisionata, richiedono interazione all'operatore nel setting dei parametri e dei dati di riferimento per la classificazione.

1.6.3.6 Vettorializzazione

La procedura di vettorializzazione permette di trasformare in entità vettoriali poligonali i gruppi di pixel appartenenti ad una certa classe. Il criterio di vettorializzazione è quindi il valore del pixel sul dato raster per identificare le classi di appartenenza, la loro dimensione e posizione nello spazio. E' necessario ridurre la complessità delle geometrie ottenute tramite una semplificazione, ad esempio aggregare aree contigue con lo stesso valore o eliminare geometrie generate dal singolo pixel che spesso derivano da imprecisioni sul dato o errori nella classificazione. La procedura si conclude con l'assegnazione degli attributi al dato vettoriale (classe di appartenenza).

1.6.4 Dettagli sui Modelli

Il modello elaborativo alla base del presente applicativo integra in un workflow gli algoritmi necessari alla sua esecuzione. Si riporta nel paragrafo successivo una rappresentazione grafica del modello

1.6.5 Interazione tra Algoritmi e Modelli

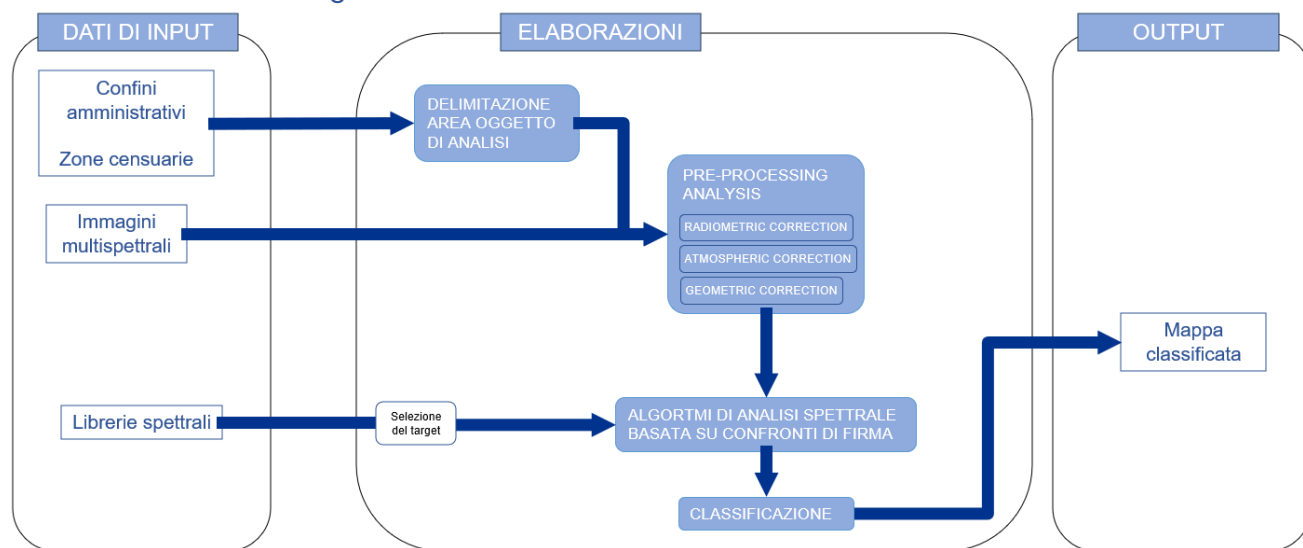


Figura 4- Diagramma di flusso applicativo

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)

Risoluzione spaziale delle immagini da elaborare

Sottosistemi della pipeline di elaborazione attivati (dati che necessitano di preprocessing vs dati già pre-elaborati)

Frequenza di invocazione del modello (che stabilisce in termini assoluti il reale volume di carico sviluppato dall'applicazione)

1.6.7 Casistica di Utilizzo

Casistica di Utilizzo Platform utilizza la componente architetturale di "Intellicence Platform" come 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.

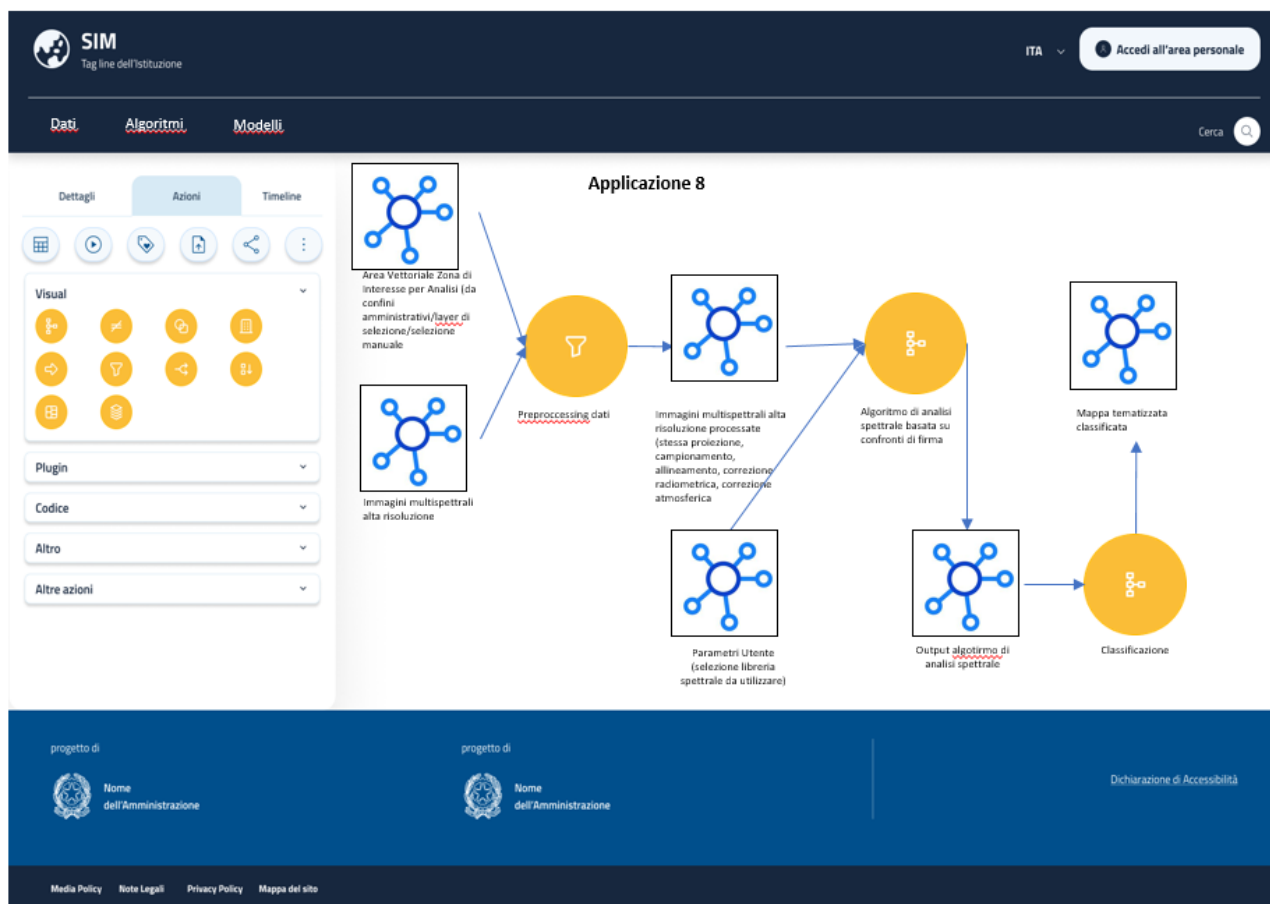


Figura 5 – Rappresentazione logica del flusso elaborativo

Come ampiamente anticipato, l'applicativo rende disponibile uno strumento molto versatile e applicabile a casistiche diverse; una volta impostati in fase iniziale i parametri di ingresso, e in particolar modo la firma spettrale che rappresenta il target dell'utente, il tool elaborerà i dati di input secondo il workflow impostato restituendo come output una mappa classificata che evidenzia la presenza (o meno) dell'elemento di cui è stato selezionato il target.

1.6.8 Misure di Validazione e Verifica

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.

Se 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

L'output prodotto da questo applicativo sarà una mappa tematizzata che rappresenterà le variazioni che sono state oggetto di analisi. I dati ottenuti saranno disponibili sia in formato vettoriale che raster.

Come ulteriore output è previsto un report di sintesi con i risultati ottenuti dall'analisi.

1.7.1 Elenco Dati di Output

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche e Sensibilità Dato	Criticità
V4AP08_D001	Mappa classificata con evidenza delle variazioni sulle quali si è indagato	Dipendente dal proprietario dei dati di input utilizzati e dal responsabile che ha richiesto l'analisi	Piattaforma interattiva e/o API	On demand, sulla base dell'esigenza dell'utente	L'output atteso potrebbe rientrare nell'ambito di una gestione classificata in funzione della finalità per la quale l'applicativo viene utilizzato (procedure penali)	Livello di dettaglio fortemente dipendente dalla risoluzione del dato di input e dalla disponibilità di dati relativi alle pratiche urbanistiche. L'output non discrimina in maniera netta il fenomeno analizzato e richiede un ulteriore approfondimento da parte dell'utente
V4AP08_D002	Report di sintesi con i risultati dell'analisi	Dipendente dal proprietario dei dati di input utilizzati e dal responsabile che ha richiesto l'analisi	Piattaforma interattiva	On demand, sulla base dell'esigenza dell'utente	L'output atteso potrebbe rientrare nell'ambito di una gestione classificata in funzione della finalità per la quale l'applicativo	Non rilevate

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche e Sensibilità Dato	Criticità
					viene utilizzato (procedure penali)	