



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

Progetto Esecutivo

ALLEGATO _V3_C.U.3.3

**Previsione di evoluzione delle acque di strato ed eventuali chiazze di idrocarburi da piattaforme
offshore**



**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.V3.3 – Previsione di evoluzione delle acque di strato ed eventuali chiazze di idrocarburi da piattaforme offshore | 5 |
| 1.1 | Obiettivo del servizio applicativo..... | 5 |
| 1.1.1 | Introduzione..... | 5 |
| 1.1.2 | Scopo Generale..... | 5 |
| 1.1.3 | Esigenze e Requisiti Chiave | 5 |
| 1.1.4 | Tematiche e Obiettivi Correlati..... | 6 |
| 1.1.5 | Benefici Attesi..... | 6 |
| 1.1.6 | Vincoli e Limitazioni..... | 7 |
| 1.1.7 | Stakeholders Coinvolti | 7 |
| 1.1.8 | Conclusione e Riepilogo | 7 |
| 1.2 | Architettura logico applicativa del sistema | 7 |
| 1.2.1 | Elenco dei Requisiti Funzionali | 9 |
| 1.2.2 | Requisiti non Funzionali Correlati | 25 |
| 1.2.3 | Vincoli e Limitazioni..... | 26 |
| 1.3 | Architettura logico-applicativa del sistema..... | 26 |
| 1.3.1 | Requisiti Non-Funzionali | 26 |
| 1.3.2 | Diagramma Architetture | 27 |
| 1.3.3 | Piattaforme SIM utilizzate..... | 30 |
| 1.4 | Dati di input..... | 34 |
| 1.4.1 | Introduzione ai Dati di Input..... | 34 |
| 1.4.2 | Catalogo delle Fonti di Dati..... | 36 |
| 1.4.3 | Specifiche di Contenuto | 39 |
| 1.5 | Sistemi federati | 41 |
| 1.5.1 | Introduzione ai Sistemi Federati..... | 41 |

| | | |
|-------|--|----|
| 1.5.2 | Elenco dei Sistemi Federati..... | 41 |
| 1.6 | Funzioni, Algoritmi e Modelli | 46 |
| 1.6.1 | Introduzione e Panorama Generale..... | 46 |
| 1.6.2 | Criteri di Selezione..... | 47 |
| 1.6.3 | Tipologie di Funzioni Applicative | 47 |
| 1.6.4 | Dettagli sugli Algoritmi | 47 |
| 1.6.5 | Dettagli sui Modelli | 50 |
| 1.6.6 | Interazione tra Algoritmi e Modelli..... | 53 |
| 1.6.7 | Analisi della Complessità Computazionale | 53 |
| 1.6.8 | Misure di Validazione e Verifica | 53 |
| 1.7 | Dati di output..... | 54 |
| 1.7.1 | Introduzione..... | 54 |
| 1.7.2 | Elenco Dati di Output | 55 |

1 CU.V3.3 – Previsione di evoluzione delle acque di strato ed eventuali chiazze di idrocarburi da piattaforme offshore

1.1 Obiettivo del servizio applicativo

1.1.1 Introduzione

L'inquinamento marino è il prodotto degli effetti dannosi delle attività umane quando vengono diffuse in mare sostanze derivanti dalle attività estrattive, dal trasporto di sostanze pericolose, dai rifiuti industriali, agricoli e residenziali.

Uno dei problemi rilevanti è rappresentato dallo sversamento di idrocarburi in mare legato alle attività di estrazione e al possibile inquinamento nelle acque di lavorazione sversate in mare da piattaforme offshore (risultato del refluo del processo di produzione degli idrocarburi liquidi e gassosi prodotti dalle piattaforme offshore).

In caso di incidente, sversamenti volontari di idrocarburi o presenza di inquinanti nelle acque di strato da piattaforme offshore, è importante rilevare subito l'evento e capirne l'evoluzione per poter pianificare gli interventi tempestivamente.

L'applicativo si rivolge ad un'utenza con compiti operativi di sorveglianza: Guardia Costiera, ISPRA ed il MASE.

1.1.2 Scopo Generale

Lo scopo principale è quello di fornire un servizio di monitoraggio continuo delle acque di strato e di previsione della diffusione di inquinanti sversati accidentalmente o volontariamente in mare durante le operazioni di estrazione di idrocarburi da piattaforme offshore.

L'applicativo 3.3 potrà sfruttare i modelli di Oil Slick detection e Oil Drift implementati negli applicativi 3.1 e 3.2 dello stesso Verticale, opportunamente addestrati e calibrati per applicazioni locali (acque di produzione da piattaforme offshore). Inoltre, grazie all'impiego di dati satellitari ottici multispettrali/iperspettrali sarà possibile osservare anche fenomeni diversi da sversamenti di idrocarburi o avere indicazione di presenza di inquinanti diversi.

1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave

L'esigenza principale nel caso di sversamento intenzionale o accidentale di inquinanti nelle acque di strato è quella di individuare con la massima accuratezza le modalità di dispersione per vari orizzonti temporali, tenendo conto dei modelli atmosferici, di circolazione e di moto ondoso provenienti dagli enti fornitori di dati meteo-oceanografici.

Grazie all'integrazione dei dati AIS (Automatic Identification System) e alle rilevazioni delle imbarcazioni da satellite (Ship Detection) previste per l'applicativo 3.1, sarà possibile identificare o quanto meno verificare la presenza di navi/imbarcazioni nei pressi della piattaforma offshore quando viene rilevato lo sversamento.

Quest'aspetto è molto importante per supportare il processo di individuazione delle possibili responsabilità.

Sia nel caso di previsioni eseguite in modo continuo che per attivazione on-demand (la diversa tipologia di esecuzione dell'applicativo dipende dalle specifiche necessità degli utenti), una caratteristica interessante dell'evoluzione degli sversamenti riguarda il Drift a diverse profondità. Infatti, gli inquinanti possono avere evoluzioni diverse in funzione dell'altezza nella colonna d'acqua, ed è sicuramente importante prevedere come questi evolvono anche sotto la superficie del mare. Sarà esplorata la possibilità di ottenere anche questo tipo di previsioni, tema interessante ancorché sfidante.

1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati

| Tematica | Obiettivo |
|--|---|
| Modelli previsionali di evoluzione di Oil Slick o di inquinanti in acque di strato | - Attivazione automatica della procedura almeno due volte al giorno in corrispondenza delle date di rilascio di dati meteo e oceanografici. - Attivazione della procedura in caso di incidenti |
| Dati Satellitari | Acquisizione immagini radar e ottiche |
| Modelli ML/IA | Sviluppo e aggiornamento modelli di ML/IA per rilevamento sversamento di idrocarburi in mare, Ship Detection e anomalie nelle acque di strato. |

1.1.4.1 Previsioni in modo continuo

La previsione di dispersione delle acque di scarico viene generata in modo continuo, ed ha un orizzonte temporale fino a 72 ore dal rilascio e con aggiornamenti ogni 6 ore. Le mappe di dispersione vengono prodotte in senso probabilistico, identificando le aree caratterizzate da una maggiore o minore probabilità di concentrazione sopra soglia, e i relativi intervalli di confidenza. La probabilità può essere meglio espressa se il modello di dispersione è forzato da previsioni meteomarine e di circolazione realizzate tramite tecniche di ensemble perturbando parametri del modello di oil spill o forzanti meteo-oceanografici.

1.1.4.2 Previsioni on demand

Viene adottata una procedura simile a quanto descritto nel CU.V3.2 con previsione di evoluzione in questo caso fino a N giorni. Sarà possibile programmare di simulare più simulazioni al giorno in modalità automatica e ricevere notifiche nel caso gli inquinanti raggiungano aree vulnerabili.

1.1.5 Benefici Attesi

L'applicativo offre un servizio di previsione della diffusione di inquinanti nell'ambiente marino rilasciati nelle acque di strato. Tale sistema può essere di supporto ai piani di monitoraggio delle piattaforme offshore.

Grazie all'utilizzo di algoritmi ML/AI, dati satellitari e ai modelli previsionali di dispersione, sarà possibile individuare tempestivamente sversamenti di idrocarburi o presenza di inquinanti in acque

di strato, fare previsioni accurate e seguirne l'evoluzione nei giorni successivi per permettere la pianificazione delle azioni necessarie da parte degli enti preposti.

1.1.6 Vincoli e Limitazioni

La frequenza di acquisizione delle immagini satellitari potrebbe essere un limite per ottenere il monitoraggio continuo (ad es. giornaliero). Da valutare con i prodotti ad oggi disponibili (e.g. Copernicus, Cosmo-SkyMed) la frequenza di refresh delle immagini satellitari.

Inoltre, bisogna considerare che dati da sensori satellitari diversi possono richiedere addestramenti diversi dei modelli (reti neurali). Questo comporta dover implementare workflow di processamento paralleli e dedicati.

Un altro vincolo è rappresentato dall'accuratezza dei modelli previsionali che saranno adottati. Miglioramenti nelle previsioni saranno ottenuti combinando output di modelli diversi e perturbando i parametri o modelli di input (ensembling).

1.1.7 Stakeholders Coinvolti

I principali stakeholder coinvolti sono MASE, ISPRA e Guardia Costiera. Il servizio si rivolge ad un'utenza operativa (Guardia Costiera) che potrà considerare un tale servizio come strumento di supporto alle operazioni.

Per tali stakeholder sarà possibile profilare anche utenti esperti (Data Scientist) per il mantenimento e l'aggiornamento dei modelli di Machine Learning e previsionali utilizzati dal sistema, che avranno quindi la possibilità di far evolvere il sistema con nuovi algoritmi e modelli.

1.1.8 Conclusione e Riepilogo

In conclusione, l'applicativo rappresenta un passo significativo verso l'accesso semplificato e l'analisi efficiente dei dati relativi agli sversamenti da idrocarburi o inquinanti in acque di strato da piattaforme offshore. La sua interfaccia intuitiva e le funzionalità avanzate lo rendono uno strumento prezioso per gli stakeholder interessati ai fenomeni di Oil Slick e Oil Drift, fornendo dati affidabili e validati per decisioni informate.

1.2 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.

Prima di discutere nel dettaglio i requisiti funzionali, forniamo una panoramica generale dell'applicativo. La figura seguente mostra ad alto livello il workflow logico dell'applicativo 3.3 e ne mette in evidenza gli step principali.

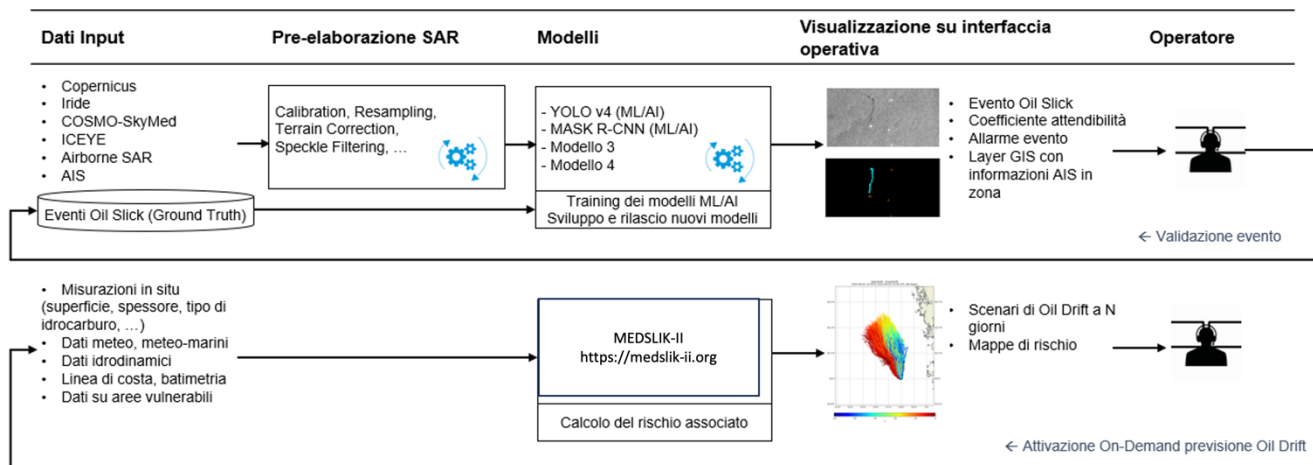


Figure 1-1: Workflow dell'applicativo 3.3

L'applicativo prende in input un flusso continuo di dati SAR e ottici da satellite (anche dati SAR da aerei se disponibili) e dati AIS acquisiti sistematicamente in aree lungo la fascia costiera italiana in cui sono presenti piattaforme offshore. Successivamente viene eseguita una pre-elaborazione automatica dei dati in input per la generazione di un dataset armonizzato di dati SAR o multispettrali (Analysis Ready Data). Lo step successivo esegue uno o più modelli di Machine Learning / Artificial Intelligence per il monitoraggio delle acque di strato e la rilevazione automatica di eventi Oil Slick producendo in output i dati e le informazioni utili che saranno visualizzate su interfaccia operativa. L'utente fruitore del servizio, in caso di evento rilevato, riceverà una notifica e potrà visualizzare (i) l'evento, (ii) il coefficiente di attendibilità e (iii) un layer cartografico GIS con le informazioni AIS correlate e le navi rilevate dall'algoritmo Ship Detection satellitare, ossia le imbarcazioni presenti in zona in una finestra temporale configurabile. L'operatore inoltre può validare l'evento che verrà automaticamente aggiunto al Database di eventi - Ground Truth. Questo dataset è indispensabile per il processo di training dei modelli ML/AI. Tramite un'interfaccia di sviluppo (non operativa), utenti specializzati potranno eseguire tutte le operazioni necessarie per il training e lo sviluppo dei modelli.

A seguito di un evento confermato (l'evento in questo caso può essere uno sversamento di Oil Slick oppure una generica anomalia negli indici spettrali che potrebbe indicare presenza di sostanze inquinanti in mare), l'operatore può attivare On-Demand il modello previsionale. La previsione sfrutta in input dati meteo e meteo-marini (venti, correnti marine), dati da satellite o in-situ sullo sversamento, come la geolocalizzazione, la superficie, lo spessore e il tipo di idrocarburo. I modelli previsionali forniranno in output diversi scenari di evoluzione dello sversamento a N giorni e permetteranno agli operatori di valutare i rischi associati e di conseguenza pianificare gli interventi necessari.

1.2.1 Elenco dei Requisiti Funzionali

| id_applicativo_id_rf | descrizione_rf | progettazione_rf | implementazione_rf |
|----------------------|---|---|---|
| V3AP03_RF001 | Rilevamento Oil Slick | Utilizzo di dati satellitari (e.g. SAR) opportunamente pre-processati come base di input per applicazione algoritmi di classificazione basati su ML/AI | Implementazione di un workflow composto da diversi moduli per gestire l'ingestion dei dati, il pre-processamento e l'analisi tramite algoritmi di ML/AI |
| V3AP03_RF002 | Monitoraggio delle acque di strato | Utilizzo di dati satellitari (e.g. SAR e ottico) opportunamente pre-processati come base di input per applicazione algoritmi di classificazione basati su ML/AI | Implementazione di un workflow composto da diversi moduli per gestire l'ingestion dei dati, il pre-processamento e l'analisi tramite algoritmi di ML/AI |
| V3AP03_RF003 | Definizione area di buffer | Disponibilità nel sistema di opportuni file vettoriali di copertura acque territoriali con distanze variabili dalla linea di costa | Creazione di maschere binarie per discriminare le aree da monitorare |
| V3AP03_RF004 | Definizione aree di particolare interesse | Disponibilità nel sistema di opportuni file vettoriali GIS contenenti le informazioni e la georeferenziazione delle aree o punti di interesse. Catene di ingestion e processamento dedicate per dati a più alta risoluzione | Saranno implementate soluzioni per permettere la selezione su mappa di una o più aree (i.e. BBox) intorno a punti di interesse. Le immagini ad alta risoluzione compatibili con le aree selezionate saranno tagliate (Subset) utilizzando le rispettive BBox. Il processamento viene eseguito dalle catene dedicate |
| V3AP03_RF005 | Modalità di acquisizione | Lettura del valore del parametro per costruzione della query | Query sui cataloghi federati tenendo conto del valore del parametro |
| V3AP03_RF006 | Ground Range Resolution | Lettura del valore del parametro per costruzione della query | Query sui cataloghi federati tenendo conto del valore del parametro |
| V3AP03_RF007 | Training dei modelli ML/AI | Utilizzo di un'interfaccia di sviluppo per interagire con i modelli pre-esistenti | Tramite interfaccia di sviluppo (e.g. Jupyter Notebook), sarà possibile interagire con il sistema per accedere alle librerie AI, configurare i parametri dei modelli, lanciare training dei modelli e |

| id_applicativo_id_rf | descrizione_rf | progettazione_rf | implementazione_rf |
|----------------------|---------------------------------------|--|---|
| | | | selezionare il modello operativo |
| V3AP03_RF008 | Sviluppo e rilascio dei modelli ML/AI | Utilizzo di un'interfaccia di sviluppo per aggiungere modelli a quelli pre-esistenti | Tramite interfaccia di sviluppo (e.g. Jupyter Notebook), sarà possibile interagire con il sistema per sviluppare, testare e rilasciare nuovi modelli |
| V3AP03_RF009 | Coefficiente di attendibilità | Coefficiente di attendibilità ricavato dall'output dei modelli di segmentazione/classificazione (e.g. CNN) | Coefficiente di attendibilità ricavato dall'output dei modelli di segmentazione/classificazione (e.g. CNN) e fornito su interfaccia operativa |
| V3AP03_RF010 | Invio messaggio di notifica | Invio messaggio di notifica tramite interfaccia operativa ed e-mail | Configurazione di un server di posta (SMTP) per invio automatico messaggi. Notifica su interfaccia operativa |
| V3AP03_RF011 | Validazione output | Conferma tramite apposita funzione su interfaccia grafica | L'interfaccia grafica deve fornire un bottone per validare un certo evento. Un nuovo evento validato viene aggiunto alla base dati storici accertati e può essere utilizzato per il training dei modelli |
| V3AP03_RF012 | Visualizzazione output | Visualizzazione su interfaccia operativa | In caso di evento di Oil Slick, su interfaccia operativa vengono visualizzate le immagini SAR prima e dopo l'evento, e l'output dell'algoritmo di classificazione (ML/AI). Inoltre vengono mostrate informazioni circa la posizione, il perimetro e l'estensione della chiazza in mare. La visualizzazione cartografica è implementata utilizzando librerie web GIS |
| V3AP03_RF013 | Correlazione con dati AIS | Generazione di un layer aggiuntivo con le informazioni AIS delle imbarcazioni in caso di Oil Slick | Elaborazione e filtraggio dei dati AIS, generazione di layer cartografici GIS |

| id_applicativo_id_rf | descrizione_rf | progettazione_rf | implementazione_rf |
|----------------------|--|--|---|
| V3AP03_RF014 | Previsione evoluzione Oil Slick e acque di strato | Utilizzo di modelli previsionali forzati da modelli atmosferici, di circolazione e di moto ondoso | Implementazione di un workflow composto da diversi moduli per gestire l'ingestion dei dati, il pre-processamento e l'analisi tramite algoritmi previsionali |
| V3AP03_RF015 | Parametri Oil Slick | Selezione e valorizzazione dei parametri da Interfaccia Operativa | Trasferimento dei valori dei parametri al back-end come input ai modelli previsionali |
| V3AP03_RF016 | Inizializzazione della previsione con nuove osservazioni | Selezione e valorizzazione dei parametri da Interfaccia Operativa | Trasferimento dei valori dei parametri al back-end come input ai modelli previsionali |
| V3AP03_RF017 | Mappe di previsione | Output dei modelli previsionali su cartografia web-GIS | Gli output dei modelli previsionali saranno formattati e visualizzati opportunamente su mappe cartografiche utilizzando librerie web-GIS |
| V3AP03_RF018 | Aree di maggior rischio | Integrazione dati ambientali | Integrazione dati ambientali |
| V3AP03_RF019 | Attivazione On Demand | Attivazione manuale da interfaccia operativa | L'interfaccia operativa fornisce le necessarie funzionalità per permettere all'operatore di configurare il sistema e lanciare la previsione |
| V3AP03_RF020 | Rilevamento di navi | Utilizzo di dati satellitari (e.g. SAR) opportunamente pre-processati come base di input per applicazione algoritmi di classificazione basati su ML/AI | Implementazione di un workflow composto da diversi moduli per gestire l'ingestion dei dati, il pre-processamento e l'analisi tramite algoritmi di ML/AI |

Requisito Funzionale V3AP03_RF001 – Rilevamento Near-Real-Time di sversamenti idrocarburi in mare lungo la fascia costiera italiana (piattaforme offshore).

Questo è un requisito che descrive uno degli obiettivi generali dell'applicativo V3.3. Il requisito non entra nel dettaglio delle specifiche funzionalità attese che saranno invece analizzate nei requisiti successivi.

Per Near-Real-Time si intende la possibilità di elaborare in modalità rapida, in termini di minuti subito dopo l'acquisizione dell'immagine da parte del satellite, l'immagine satellitare ed avere rapidamente disponibile un dataset georiferito di tutti gli sversamenti individuati. Si ipotizza l'acquisizione di una immagine satellitare al giorno (frequenza giornaliera) su ogni area della fascia costiera italiana. La frequenza con cui si ha una nuova immagine satellitare su una certa zona, dipende dai tempi di rivisita delle costellazioni satellitari considerate. La frequenza **giornaliera** deve essere intesa come obiettivo da raggiungere quando anche il programma IRIDE sarà operativo e le sue costellazioni inizieranno a fornire immagini satellitari (indicativamente dopo giugno 2026). Va considerato tuttavia che le specifiche tecniche del programma satellitare IRIDE sono ancora in via di definizione, pertanto, non si esclude al momento la possibilità di avere a regime una frequenza di immagini diversa da quella giornaliera, per esempio una immagine ogni 12 ore o 48 ore. Resta inteso che al momento non ci sono elementi sufficienti per poter confermare il possibile scenario.

Questo requisito prevede una verifica con Test su casi storici accertati. A seconda dell'entità degli sversamenti accertati e del numero di eventi a disposizione, sarà possibile anche valutare la sensibilità e l'efficienza dell'applicativo.

| CODICE WBS | V3AP03_RF001 |
|--------------------------------|--|
| Area | Rilevamento Near-Real-Time di sversamenti idrocarburi in mare lungo la fascia costiera italiana (piattaforme offshore) |
| Descrizione del lavoro | <p>La fase di progettazione prevede la selezione iniziale di dati satellitari SAR, la definizione di uno o più algoritmi di pre-elaborazione degli stessi e la scelta dei modelli di Machine Learning / Artificial Intelligence da utilizzare o sviluppare per la detection. Inoltre, saranno progettate e definite le modalità di visualizzazione e validazione dell'output della detection, nonché le funzionalità dell'interfaccia di sviluppo.</p> <p>La fase di implementazione prevede la federazione dei sistemi da cui ingerire i dati SAR ossia l'implementazione di funzioni che sfruttano le API per le query e il download dei dati, l'integrazione nel sistema delle catene di pre-elaborazione (costituite da moduli eventualmente configurabili), nonché lo sviluppo ed integrazione dei modelli di Machine Learning / Artificial Intelligence.</p> <p>Maggiori dettagli su questi aspetti saranno forniti nelle sezioni dedicate di questo documento (Sez. 6-7-8).</p> |
| Presupposti e Vincoli | Il presupposto principale è la disponibilità di acquisizioni immagini SAR satellitari con copertura e frequenza adeguate allo scopo dell'applicativo. |
| Deliverables | <p>Funzionalità di Oil Slick detection (piattaforme offshore) per l'Applicativo 3.3</p> <p>Manuale utente</p> |
| Criteri di accettazione | Definizione ed esecuzione con successo di test multipli per la verifica delle funzionalità previste. I test saranno eseguiti su un numero congruo di casi storici accertati. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF002 – Monitoraggio Near-Real-Time delle acque di strato di piattaforme offshore.

Questo è un requisito che descrive uno degli obiettivi generali dell'applicativo V3.3. Il requisito non entra nel dettaglio delle specifiche funzionalità attese che saranno invece analizzate nei requisiti successivi.

Per Near-Real-Time si intende la possibilità di elaborare in modalità rapida, in termini di minuti subito dopo l'acquisizione dell'immagine da parte del satellite, l'immagine satellitare. Si ipotizza l'acquisizione di una immagine satellitare al giorno (frequenza giornaliera) su ogni area della fascia costiera italiana da monitorare. La frequenza con cui si ha una nuova immagine satellitare su una certa zona, dipende dai tempi di rivisita delle costellazioni satellitari considerate. La frequenza **giornaliera** deve essere intesa come obiettivo da raggiungere quando anche il programma IRIDE sarà operativo. Va considerato tuttavia che le specifiche tecniche del programma satellitare IRIDE sono ancora in via di definizione, pertanto, non si esclude al momento la possibilità di avere a regime una frequenza di immagini diversa da quella giornaliera, per esempio una immagine ogni 12 ore o 48 ore. Resta inteso che al momento non ci sono elementi sufficienti per poter confermare il possibile scenario.

Questo requisito prevede una verifica con Test su casi storici accertati e un riscontro con dati in situ. A seconda dell'entità degli sversamenti accertati e del numero di eventi a disposizione, sarà possibile anche valutare la sensibilità e l'efficienza dell'applicativo.

| CODICE WBS | V3AP03_RF002 |
|-------------------------------|---|
| Area | Monitoraggio Near-Real-Time delle acque di strato da piattaforme offshore |
| Descrizione del lavoro | <p>La fase di progettazione prevede la selezione iniziale di dati satellitari SAR e multispettrali, la definizione di uno o più algoritmi di pre-elaborazione degli stessi e la scelta dei modelli di Machine Learning / Artificial Intelligence da utilizzare o sviluppare per la detection e il monitoraggio. Inoltre, saranno progettate e definite le modalità di visualizzazione e validazione dell'output della detection, nonché le funzionalità dell'interfaccia di sviluppo.</p> <p>La fase di implementazione prevede la federazione dei sistemi da cui ingerire i dati SAR ossia l'implementazione di funzioni che sfruttano le API per le query e il download dei dati, l'integrazione nel sistema delle catene di pre-elaborazione (costituite da moduli eventualmente configurabili), nonché lo sviluppo ed integrazione dei modelli di Machine Learning / Artificial Intelligence.</p> <p>Maggiori dettagli su questi aspetti saranno forniti nelle sezioni dedicate di questo documento (Sez. 6-7-8).</p> |

| CODICE WBS | V3AP03_RF002 |
|--------------------------------|---|
| Presupposti e Vincoli | Il presupposto principale è la disponibilità di acquisizioni immagini SAR e ottiche satellitari con copertura e frequenza adeguate allo scopo dell'applicativo. |
| Deliverables | Funzione di monitoraggio acque di strato da piattaforme offshore per l'Applicativo 3.3 Manuale utente |
| Criteri di accettazione | Definizione ed esecuzione con successo di test multipli per la verifica delle funzionalità previste. I test saranno eseguiti su un numero congruo di casi storici accertati e misure in situ. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF003 – Definizione area di buffer.

L'applicativo permette di selezionare l'area di buffer, ad esempio una certa distanza dalla linea di costa, entro la quale attivare la rilevazione degli sversamenti di idrocarburi. In linea di massima sarà possibile selezionare diverse distanze dalla linea di costa in accordo alle aree previste dal regime internazionale del mare:

- 12 miglia nautiche (acque territoriali)
- 24 miglia nautiche (acque territoriali e zona contigua)
- 200 miglia nautiche (zona economica esclusiva)

| CODICE WBS | V3AP03_RF003 |
|--------------------------------|--|
| Area | Definizione area di buffer |
| Descrizione del lavoro | In fase di progettazione ed implementazione saranno reperiti o creati opportuni file vettoriali di copertura delle acque con distanze variabili dalla linea di costa e resi disponibili nel sistema in formati opportuni (WKT, GeoJSON, kml). Con tecniche di image processing saranno create delle maschere binarie per discriminare le aree da tenere sotto controllo. In questo modo sarà possibile escludere dalla detection le aree di mare oltre il buffer definito. |
| Presupposti e Vincoli | N. A. (non applicabile) |
| Deliverables | Area di buffer selezionabile |
| Criteri di accettazione | Questo requisito viene prima controllato sulle immagini satellitari pre-elaborate, anche in assenza di uno storico di eventi di sversamento. Tuttavia, un test completo prevede la verifica della corretta detection su uno storico di eventi adeguatamente selezionato, in quanto bisogna accertarsi che l'algoritmo funzioni bene anche per sversamenti vicino ai confini dell'area di buffer o sversamenti solo parzialmente inclusi nell'area di buffer. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF004 – Definizione aree di particolare interesse.

L'applicativo permette di selezionare aree di particolare interesse (per es., porti, piattaforme petrolifere, zone di mare limitate).

| CODICE WBS | V3AP03_RF004 |
|--------------------------------|--|
| Area | Definizione aree di particolare interesse |
| Descrizione del lavoro | È necessario prevedere la disponibilità nel sistema di opportuni file vettoriali contenenti le informazioni e la georeferenziazione delle aree o punti di interesse noti. In aggiunta, l'applicativo deve poter leggere in input le coordinate di un'area disegnata su interfaccia grafica (Bounding Box o Poligono) e permettere l'upload di una geometria in formato standard (WKT, GeoJSON, kml). |
| Presupposti e Vincoli | Si assume l'esistenza e la disponibilità di opportuni file vettoriali contenenti le informazioni e la georeferenziazione delle aree o punti di interesse noti (per es. piattaforme offshore). |
| Deliverables | Aree di particolare interesse selezionabili o definibili attraverso caricamento di geometrie |
| Criteri di accettazione | Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF005 – Modalità di acquisizione.

L'applicativo permette di selezionare la modalità di acquisizione delle immagini SAR (per es., Spotlight, Stripmap o ScanSAR). I diversi modi di acquisizione sono caratterizzati da differenti risoluzioni al suolo e differenti estensioni di aree osservate (Swath). Ad esempio, per la costellazione IRIDE NOX SAR, ci si attende i seguenti valori di risoluzione ed estensione dell'area rilevata:

- Stripmap: 3 m range resolution, 30x50 km swath
- Spotlight: 10x10 km swath
- ScarSAR: 6 m range resolution, 50x100 km swath

| CODICE WBS | V3AP03_RF005 |
|-------------|---------------------------------|
| Area | Modalità di acquisizione |
| | |

| CODICE WBS | V3AP03_RF005 |
|--------------------------------|---|
| Descrizione del lavoro | <p>L'applicativo deve leggere il valore del parametro "Acquisition mode" da interfaccia grafica (parametri di configurazione) o da file di configurazione ed applicare la selezione per costruire query dei dati SAR in input.</p> <p>Le query di ricerca e download dei dati saranno eseguite sui cataloghi dei sistemi federati (IRIDE, Copernicus, COSMO-SkyMed, ecc.). Siccome lo stesso valore del parametro "Acquisition mode" potrebbe corrispondere a valori diversi della range resolution e dell'area rilevata per i diversi sensori, opportuni algoritmi di pre-elaborazione dei dati SAR saranno implementati per armonizzare dati diversi.</p> |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |
| Deliverables | Modalità di acquisizione selezionabile o definibile attraverso interfaccia grafica o file di configurazione. |
| Criteri di accettazione | La verifica del requisito consiste nel verificare che esiste la possibilità di specificare il parametro e che le immagini SAR utilizzate sono state acquisite effettivamente con la modalità specificata. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF006 – Ground Range Resolution.

L'applicativo permette di selezionare la Ground Range Resolution fra i valori possibili.

| CODICE WBS | V3AP03_RF006 |
|--------------------------------|---|
| Area | Ground Range Resolution |
| Descrizione del lavoro | <p>L'applicativo legge il valore del parametro "Ground Range Resolution" da interfaccia grafica o da file di configurazione ed applica la selezione per costruire le query dei dati in input, purché fra i metadati della collezione da interrogare sia presente il relativo parametro. In alternativa la query utilizzerà il parametro "Acquisition mode" o simili per ottenere i dati in input. Sarà demandato poi agli algoritmi di pre-elaborazione il compito ricampionare i dati raster per ottenere la risoluzione spaziale richiesta.</p> |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |
| Deliverables | Ground Range Resolution selezionabile o definibile attraverso interfaccia grafica o file di configurazione. |
| Criteri di accettazione | La verifica del requisito consiste nel verificare che esiste la possibilità di specificare il parametro e che le immagini SAR utilizzate sono state acquisite e fornite in input agli algoritmi ML/AI con la risoluzione attesa. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF007 – Training dei modelli ML/AI.

Alcuni utenti, ed in particolare sviluppatori o utenti più esperti, avranno la possibilità di eseguire il training dei modelli, configurare i modelli nonché selezionare uno fra quelli disponibili come modello operativo per effettuare il monitoraggio.

| CODICE WBS | V3AP03_RF007 |
|-------------------------|---|
| Area | Training dei modelli ML/AI |
| Descrizione del lavoro | Implementazione di un'interfaccia di sviluppo, come ad esempio Jupyter Notebook (JupyterLab), per interagire con il sistema ed accedere alle cartelle in cui risiedono i file di configurazione, le librerie ML/AI, i modelli e i dati di training e di validazione. In quest'ambiente di sviluppo del tutto simile al back-end dell'ambiente operativo ma separato da quest'ultimo, l'utente esperto può eseguire tutte le operazioni necessarie al Training dei modelli sui dati opportunamente pre-elaborati e, dopo le necessarie validazioni, definire con un tag il modello e le configurazioni da utilizzare in operazioni. Il passaggio in ambiente operativo non è automatico ma richiede sempre il trigger manuale di un Super-utente responsabile del TTO (Transfer To Operation). |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |
| Deliverables | Interfaccia di sviluppo con accesso alle funzionalità del sistema che permettono di eseguire training dei modelli ML/AI su dati pre-elaborati. |
| Criteri di accettazione | La verifica di questo requisito è piuttosto articolata e prevede la verifica di ogni singola sotto-funzionalità necessaria per la funzione richiesta. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF008 – Sviluppo e rilascio dei modelli ML/AI.

Alcuni utenti, ed in particolare sviluppatori o utenti più esperti, avranno la possibilità di sviluppare e rilasciare nel sistema nuovi modelli ML/AI.

| CODICE WBS | V3AP03_RF008 |
|------------------------|---|
| Area | Sviluppo e rilascio dei modelli ML/AI |
| Descrizione del lavoro | Implementazione di un'interfaccia di sviluppo, come ad esempio Jupyter Notebook (JupyterLab), per interagire con il sistema ed accedere alle cartelle in cui risiedono i file di configurazione, le librerie ML/AI, i modelli e i dati di training e di validazione. In quest'ambiente di sviluppo del tutto simile al back-end |

| CODICE WBS | V3AP03_RF008 |
|--------------------------------|---|
| | dell'ambiente operativo ma separato da quest'ultimo, l'utente esperto può eseguire tutte le operazioni necessarie allo sviluppo dei nuovi modelli e, dopo le necessarie validazioni, rilasciare il modello nel sistema. Il passaggio in operazione non è automatico ma richiede sempre il trigger manuale di un Super-utente responsabile del TTO (Transfer To Operation). Il TTO, già descritto nel requisito precedente, ha lo scopo di trasferire in operazioni uno fra i modelli addestrati con le sue configurazioni, andando a selezionare fra tutti i possibili modelli nel sistema. |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |
| Deliverables | Interfaccia di sviluppo con accesso alle funzionalità del sistema che permettono di sviluppare e validare nuovi modelli ML/AI su dati pre-elaborati. |
| Criteri di accettazione | La verifica di questo requisito è piuttosto articolata e prevede la verifica di ogni singola sotto-funzionalità necessaria per la funzione richiesta. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF009 – Coefficiente di attendibilità.

L'applicativo deve fornire un coefficiente di attendibilità per ogni evento rilevato di Oil Slick.

| CODICE WBS | V3AP03_RF009 |
|--------------------------------|---|
| Area | Coefficiente di attendibilità |
| Descrizione del lavoro | Il coefficiente di attendibilità di un evento di Oil Slick può essere ricavato dall'output dei modelli di segmentazione/classificazione (per es. CNN) e viene tipicamente ri-scalato in un range 0 - 1 o equivalentemente 0% - 100%. Il coefficiente di attendibilità sarà fornito su interfaccia operativa assieme al prodotto di output. |
| Presupposti e Vincoli | Esistenza di uno storico dati sufficientemente ampio da consentire la validazione del requisito e l'affidabilità del coefficiente. |
| Deliverables | Coefficiente di attendibilità affidabile |
| Criteri di accettazione | La verifica del requisito si basa sul controllo che: <ul style="list-style-type: none"> il coefficiente di attendibilità sia presente nei metadati del prodotto di output il coefficiente sia elevato (per es. > 90%) su casi storici accertati il coefficiente sia basso (per es. < 10%) su falsi positivi. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF010 – Invio messaggio di notifica.

L'applicativo deve inviare un messaggio di notifica all'operatore in caso di rilevazione di Oil Slick o anomalie nelle acque di strato.

| CODICE WBS | V3AP03_RF010 |
|-------------------------|---|
| Area | Invio messaggio di notifica |
| Descrizione del lavoro | <p>Implementazione di un componente per invio notifiche su interfaccia operativa e contestualmente via e-mail all'operatore addetto al monitoraggio. Il messaggio deve contenere almeno le seguenti informazioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coordinate geografiche dello sversamento o anomalia • Data e ora della rilevazione • Coefficiente di attendibilità • Stima da satellite dell'estensione dello sversamento • Link alla immagine o immagini che hanno portato alla detection • Link all'immagine output dell'algoritmo di classificazione (ML/AI) • Quicklook (da valutare se fattibile) <p>Sarà configurato il server di posta elettronica (SMTP) per invio automatico dei messaggi.</p> |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |
| Deliverables | Messaggio di notifica su interfaccia operativa e via e-mail. |
| Criteri di accettazione | Il test per verificare l'aderenza a questo requisito può essere fatto su casi storici accertati andando a controllare e verificare che le informazioni presenti nella notifica su interfaccia ed inviate via e-mail sono corrette. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF011 – Validazione output.

L'applicativo deve consentire la validazione manuale di un evento di Oil Slick da parte di un operatore.

| CODICE WBS | V3AP03_RF011 |
|------------------------|---|
| Area | Validazione output |
| Descrizione del lavoro | Incrociando informazioni e dati provenienti da fonti diverse (per es. rilevazioni in situ o informazioni degli organi preposti al controllo come Guardia Costiera, Guardia di Finanza, Marina |

| CODICE WBS | V3AP03_RF011 |
|--------------------------------|---|
| | <p>Militare, ecc..) l'operatore deve poter validare un evento confermando se possibile parametri come:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coordinate geografiche • Stima estensione chiazza o perimetro della chiazza (tramite funzione di disegno su mappa) • Tipologia di idrocarburo <p>La funzione di validazione output sarà implementata su interfaccia grafica.</p> <p>Un nuovo evento validato sarà aggiunto automaticamente alla base dei dati storici accertati e potrà essere utilizzato per il training dei modelli.</p> |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |
| Deliverables | Funzione di validazione output con inserimento automatico dell'evento fra lo storico dati accertati |
| Criteri di accettazione | La verifica del requisito sarà fatta utilizzando un evento storico accertato, simulando se necessario le informazioni provenienti da fonti esterne. Se invece le informazioni esistono per quell'evento, queste saranno utilizzate per il test della Validazione output. Un evento validato deve essere inserito fra lo storico eventi per training dei modelli. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF012 – Visualizzazione output.

L'applicativo deve consentire la visualizzazione dell'evento di Oil Slick e anomalia nelle acque di strato su interfaccia operativa.

| CODICE WBS | V3AP03_RF012 |
|-------------------------------|---|
| Area | Visualizzazione output |
| Descrizione del lavoro | <p>In caso di evento di Oil Slick o indicazione di inquinanti nelle acque di strato, su interfaccia operativa vengono visualizzate:</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'immagine SAR prima dell'evento • l'immagine SAR dopo l'evento • l'output dell'algoritmo di classificazione (ML/AI) • coefficiente di attendibilità • la posizione, il perimetro e l'estensione della chiazza in mare. • Posizione e caratterizzazione delle imbarcazioni nell'area osservata, mediante elaborazione delle immagini satellitari |

| CODICE WBS | V3AP03_RF012 |
|--------------------------------|--|
| | <p>La visualizzazione cartografica è implementata sfruttando le librerie web GIS del sistema. L'attività prevede lo sviluppo e la configurazione delle relative funzioni web-GIS.</p> <p>Informazioni simili saranno visualizzate in caso di rilevamento anomalia nelle acque di strato.</p> |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |
| Deliverables | Funzioni di visualizzazione output su interfaccia web. |
| Criteri di accettazione | La visualizzazione viene verificata utilizzando un caso storico accertato o in alternativa simulando un evento Oil Slick: l'output deve essere visualizzato correttamente e deve contenere le informazioni richieste. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF013 – Correlazione con dati AIS.

| CODICE WBS | V3AP03_RF013 |
|-------------------------------|---|
| Area | Correlazione con dati AIS |
| Descrizione del lavoro | <p>In caso di Oil Slick rilevato in mare, l'applicativo mostra su mappa l'evento di Oil Slick e un layer aggiuntivo con le informazioni AIS delle imbarcazioni nella zona di interesse in una finestra temporale configurabile (per es. 12 sovrapposizioni da -6 ore a + 6 ore dalla rilevazione). Questa funzionalità è molto utile in quanto può supportare il processo di correlazione fra sversamenti e possibili cause o sorgenti. Nel caso di possibilità di data-fusion, le informazioni relative allo sversamento verranno altresì corredate con le informazioni relative alla piattaforma che ha originato lo sversamento, escludendo altre imbarcazioni presenti nell'area ed indipendentemente dal fatto che trasmettano o meno messaggi AIS.</p> <p>I dati AIS saranno elaborati, filtrati per area e finestra temporale e infine sovrapposti come punti GIS sulla mappa dello sversamento. Muovendo il mouse sui punti della mappa verranno mostrare le informazioni AIS relative. Allo scopo saranno implementati una o più funzioni Python per l'elaborazione e il filtraggio del flusso dati AIS.</p> |
| Presupposti e Vincoli | Disponibilità dei dati AIS |

| CODICE WBS | V3AP03_RF013 |
|--------------------------------|---|
| Deliverables | Layer cartografico web-GIS con punti rappresentanti le imbarcazioni presenti nella zona dello sversamento in una certa finestra temporale |
| Criteri di accettazione | Verifica della correttezza delle informazioni riportate su mappa da confronto con il flusso dei dati AIS. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF014 – Previsione di evoluzione Oil Slick e acque di strato.

| CODICE WBS | V3AP03_RF014 |
|--------------------------------|---|
| Area | Previsione di evoluzione Oil Slick e acque di strato |
| Descrizione del lavoro | Previsione di evoluzione della chiazza di idrocarburi sversati in mare e delle acque di strato con diversi livelli di incertezza fino a N giorni dopo la rilevazione iniziale. Utilizzo di modelli previsionali forzati da parametri e modelli atmosferici, di circolazione e di moto ondoso (e.g. velocità e direzione del vento, correnti marine). Implementazione di un workflow composto da diversi moduli per gestire l'ingestion dei dati, il pre-processamento e l'analisi tramite algoritmi previsionali. |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |
| Deliverables | Modello previsionale e mappe di previsione per l'Applicativo 3.3 Manuale utente |
| Criteri di accettazione | Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta. Funzionalità presente ed utilizzabile. Verifica dell'attendibilità delle previsioni. Verifica su casi storici accertati. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF015 – Parametri Oil Slick.

| CODICE WBS | V3AP03_RF015 |
|-------------------------------|--|
| Area | Parametri Oil Slick |
| Descrizione del lavoro | L'applicativo permette di specificare i parametri di Oil Slick come Superficie, Quantità, Spessore, tipo di idrocarburo. Questi dati possono derivare da osservazioni e misure in-situ o da altre valutazioni. Saranno implementate funzioni per la selezione e la valorizzazione dei parametri da Interfaccia Operativa e per il trasferimento dei valori dei parametri al back-end come input ai modelli previsionali. |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |

| CODICE WBS | V3AP03_RF015 |
|--------------------------------|---|
| Deliverables | Funzionalità di inizializzazione dei parametri di Oil Slick |
| Criteri di accettazione | Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta. I parametri sono letti e passati ai modelli correttamente. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF016 – Inizializzazione della previsione con nuove osservazioni.

| CODICE WBS | V3AP03_RF016 |
|--------------------------------|--|
| Area | Inizializzazione della previsione con nuove osservazioni |
| Descrizione del lavoro | L'applicativo permette di lanciare nuove previsioni con le informazioni aggiornate (nuove immagini aeree e satellitari, dati in-situ). Saranno implementate funzioni di selezione e valorizzazione dei parametri da Interfaccia Operativa e per il trasferimento dei valori dei parametri al back-end come input ai modelli previsionali. |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |
| Deliverables | Funzionalità di inizializzazione dei parametri di Oil Slick e possibilità di lanciare nuove previsioni aggiornate |
| Criteri di accettazione | Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF017 – Mappe di previsione.

| CODICE WBS | V3AP03_RF017 |
|--------------------------------|---|
| Area | Mappe di previsione |
| Descrizione del lavoro | L'applicativo produrrà mappe di previsione di evoluzione della chiazza di Oil Slick o di possibili inquinanti in acque di strato con orizzonte temporale fino a N giorni. L'output dei modelli previsionali sarà visualizzato su cartografia web-GIS. |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |
| Deliverables | Mappe di previsione di evoluzione di Oil Drift e possibili inquinanti in acque di strato |
| Criteri di accettazione | Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF018 – Aree di maggior rischio.

| CODICE WBS | V3AP03_RF018 |
|--------------------------------|--|
| Area | Aree di maggior rischio |
| Descrizione del lavoro | L'applicativo produrrà informazioni aggiornate ed integrerà le informazioni e i dati ambientali per permettere la stima del rischio, tenuto conto anche di eventuali aree più vulnerabili, in caso di Oil Slick. |
| Presupposti e Vincoli | Disponibilità di dati ambientali adeguati alla tematica |
| Deliverables | Informazioni integrate per permettere la stima del rischio da sversamento di idrocarburi o per la presenza di possibili inquinanti in mare. |
| Criteri di accettazione | Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF019 – Attivazione On-Demand.

| CODICE WBS | V3AP03_RF019 |
|--------------------------------|--|
| Area | Attivazione On-Demand |
| Descrizione del lavoro | L'applicativo viene attivato On-Demand a seguito della rilevazione di un evento di Oil Slick o anomalia rilevata nelle acque di strato. Saranno implementate funzioni per attivazione manuale da interfaccia operativa. L'interfaccia operativa consente di specificare e valorizzare i necessari parametri di input e seguire lo stato di avanzamento del processing. |
| Presupposti e Vincoli | N.A. (non applicabile) |
| Deliverables | Funzionalità di esecuzione On-Demand |
| Criteri di accettazione | Verifica diretta sull'applicativo relativamente alla funzionalità offerta. |

Requisito Funzionale V3AP03_RF020 – Rilevamento Near-Real-Time di imbarcazioni potenzialmente coinvolte nella generazione degli sversamenti rilevati.

| CODICE WBS | V3AP03_RF020 |
|-------------|---|
| Area | Rilevamento Near-Real-Time di imbarcazioni, con e senza trasmissione AIS e potenzialmente coinvolte nella generazione degli sversamenti individuati |

| CODICE WBS | V3AP03_RF020 |
|--------------------------------|--|
| Descrizione del lavoro | <p>La fase di progettazione prevede la selezione iniziale di dati satellitari SAR, la definizione di uno o più algoritmi di pre-elaborazione degli stessi e la scelta dei modelli di Machine Learning / Artificial Intelligence da utilizzare o sviluppare per la detection. Inoltre, saranno progettate e definite le modalità di visualizzazione e validazione dell'output della detection, nonché le funzionalità dell'interfaccia di sviluppo.</p> <p>La fase di implementazione prevede la federazione dei sistemi da cui ingerire i dati SAR ossia l'implementazione di funzioni che sfruttano le API per le query e il download dei dati, l'integrazione nel sistema delle catene di pre-elaborazione (costituite da moduli eventualmente configurabili), nonché lo sviluppo ed integrazione dei modelli di Machine Learning / Artificial Intelligence.</p> |
| Presupposti e Vincoli | Il presupposto principale è la disponibilità di acquisizioni immagini SAR satellitari con copertura e frequenza adeguate allo scopo dell'applicativo. |
| Deliverables | Layer di Ship detection |
| Criteri di accettazione | Definizione ed esecuzione con successo di test multipli per la verifica delle funzionalità previste. I test saranno eseguiti su un numero congruo di casi storici accertati. |

1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati

Un requisito non funzionale, che deve essere considerato e gestito nell'implementazione dell'applicativo, riguarda l'autorizzazione e i ruoli degli utenti. Per un corretto utilizzo delle funzionalità discusse sopra, è necessario definire gruppi di utenti con ruoli associati. Risulta infatti evidente la necessità di separare almeno tre diverse aree di lavoro, ossia (i) l'amministrazione e manutenzione del sistema, (ii) lo sviluppo e il training dei modelli e (iii) le operazioni.

I corrispondenti gruppi sono:

- System Admins
- Developers
- Operators

Gli utenti del gruppo "Operators" accedono ad interfaccia grafica, seguono il monitoraggio del sistema, ricevono notifiche, possono validare gli eventi, possono richiedere e far girare monitoraggio On-demand su aree specifiche.

Gli utenti del gruppo “Developers”, accedono all'interfaccia di sviluppo, possono fare il training e la validazione dei modelli, possono sviluppare e rilasciare nuovi modelli ML/AI nel sistema.

Gli utenti del gruppo “System Admins” hanno pieno accesso al front-end e back-end del sistema, possono applicare configurazioni o modifiche del software e della catena di processing, e hanno i permessi necessari per la manutenzione dell'applicativo.

Ulteriori gruppi saranno definiti in fase di implementazione se necessario. Un utente può appartenere a più di un gruppo.

Un altro requisito non strettamente funzionale ma correlato agli altri riguarda i tempi di processing: i tempi di processing, che dipendono dalle risorse hardware a disposizione e dall'implementazione degli algoritmi, non devono esser tali da introdurre latenze temporali confrontabili con gli intervalli di acquisizione. In generale deve valere il principio per cui i tempi della catena di processing sono molto inferiori agli intervalli temporali delle nuove acquisizioni (per es. m minuti per processare un'immagine acquisita nel sistema ogni H ore).

Infine, è richiesto che l'applicativo sia scalabile pur mantenendo il livello di performance atteso: l'applicativo deve permettere esecuzione in modalità sistematica con configurazione iniziale e monitoraggio continuo sulle piattaforme offshore della fascia costiera italiana; quando richiesto dall'operatore, l'applicativo può essere eseguito anche in modalità On-Demand con dati ad alta risoluzione su aree specifiche.

1.2.3 Vincoli e Limitazioni

Il requisito funzionale V3AP03_RF018 “Aree di maggior rischio” prevede che l'applicativo integrerà le informazioni per permettere di stimare le aree a rischio, tenuto conto anche di eventuali aree più vulnerabili, laddove uno sversamento sia stato rilevato.

La generazione di mappe di rischio a carattere locale non è una funzionalità propria dell'applicativo 3.3, che si pone invece l'obiettivo di mettere a disposizione le informazioni necessarie all'analisi del rischio da parte di un operatore esperto. Dati utili a queste valutazioni sono i dati sulla batimetria, la linea di costa, gli ecosistemi e gli habitat naturali.

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 radar da satellite (SAR) delle sorgenti degli stakeholder devono essere ad alta risoluzione con frequenza di aggiornamento giornaliera |

| REQUISITO | Descrizione |
|---------------------|--|
| general | Le procedure di ingestion devono prevedere un'acquisizione minima di 170 immagini al giorno per un totale di flusso dati di input pari a circa 500 Gb giornalieri |
| 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 |
| performance | I tempi di risposta delle request API eseguite da interfaccia webGIS nel caso di funzionamento in modalità sincrona, devono rientrare nei tempi accettabili alle esigenze dell'utente |
| sicurezza | L'accesso all'interfaccia deve avvenire secondo le regole definite nel documento "classi di utenza" del SIM |
| interoperabilità | Lo scambio dei dati tra il SIM e gli stakeholder avviene secondo protocolli di interoperabilità definiti negli accordi di servizio tra il MASE e gli stakeholder |
| microservizi | L'interazione tra i servizi e l'utente può avvenire in modalità sincrona nel momento in cui l'interfaccia utente aspetta l'esito del risultato, tipicamente in questo caso il controllo delle invocazioni delle request e delle relative response sono ad appannaggio del GIS Server. Oppure in modalità asincrona nel momento in cui l'interfaccia utente non attende l'esito del microservizio invocato, ma il risultato viene notificato all'utente tramite messaggio al termine dell'elaborazione. Nella modalità asincrona viene invocato il servizio di elaborazione che, a sua volta invia un messaggio a un message broker per notificare l'esito dell'elaborazione. |
| content sharing | I dati prodotti dalle applicazioni del SIM, utili tra diverse applicazioni vengono memorizzate nel repository del SIM a meno di diverse indicazioni degli stakeholder |
| policy di ingestion | In linea con la definizione di data mesh, i dati degli stakeholder vengono importati nel SIM su aree di storage temporanee solo nel momento in cui servono alla richiesta dell'utente. |
| logging | I log applicativi devono poter essere accessibili tramite interfaccia unica per facilitare le attività di operation nella ricerca delle cause di errore |
| logging | I log devono essere categorizzati e ordinabili per priorità (es: FATAL, ERROR, WARNING, ...), ordinabili per data e riconoscibili univocamente |
| compatibility | L'interfaccia webGIS deve essere compatibile con i browser più utilizzati (Google Chrome, Safari, Microsoft Edge, Firefox, Opera, Internet Explorer) |

1.3.2 Diagramma Architeturale

Di seguito viene presentato diagramma architeturale dell'applicativo mappato sull'architettura di riferimento del SIM.

L'accesso all'applicativo avviene tramite la piattaforma di Digital Experience che permette di gestire la presentazione sui diversi device (pc, mobile) e di definire le regole di accesso in funzione delle classi di utenza definite nel SIM, quali l'utenza di portale, di geo processing e di monitoraggio. L'utente

è in grado di visualizzare la mappa cartografica dell'Italia, di scegliere le immagini satellitari pubblicati dall'applicativo V3.1 da sovrapporvi tramite layer e di selezionare la zona oggetto di oil spill da piattaforme offshore per iniziare una simulazione dell'allontanamento della macchia d'olio dalla piattaforma. Le immagini satellitari possono essere scelte in funzione delle loro caratteristiche attraverso il discovery and access broker GEO DAB del SIM.

L'interoperabilità tra SIM e stakeholder è garantita dall'API Gateway, si ipotizza che l'accesso ai dati degli stakeholder avvenga tramite GIS server per i dati cartografici e tramite servizi di accesso specifici ai database SQL e NOSQL per i dati strutturati e non strutturati.

Tramite un tool di data management si inseriscono nel repository "Master Catalog" i metadati associati alle informazioni tecniche legate agli accordi di servizio degli stakeholder e il catalogo dei modelli deterministici e AI/ML resi disponibili dagli stessi utenti del SIM. Le informazioni tecniche di "accordo di servizio" tra gli stakeholder e il SIM definiscono quindi le modalità di fruizione del dato, come per esempio:

- formato del dato
- qualità del dato
- modalità di accesso
- API esposte
- modalità di refresh dei dati

Le richieste verso i servizi degli stakeholder o verso servizi all'interno del SIM vengono veicolati tramite l'API Gateway e il Master Catalog, l'API associate allo stakeholder vengono storicizzate nel Master Catalog e caricate ciclicamente nella cache del API Gateway. Si presentano due scenari, se l'API dello stakeholder è presente nella cache dell'API Gateway allora quest'ultimo veicola la richiesta verso lo stakeholder, se l'API dello stakeholder non è presente nella cache dell'API Gateway allora quest'ultimo esegue una richiesta al Master Catalog per recuperare l'API dello stakeholder. Sia il tool di database management del Master Catalog che l'API Gateway si preoccupano di eseguire un'analisi sintattica delle richieste API.

Il database RdS contiene principalmente le informazioni sui metadati dei sorgenti degli stakeholder trattati, la lista degli algoritmi di elaborazione e i modelli AI/ML disponibili e le informazioni riguardanti gli oil slick rilevati dall'applicativo V3.1 i quali andranno in input ai modelli AI/ML.

La piattaforma di intelligence mette a disposizione strumenti di implementazione di modelli di intelligenza artificiale, nel caso specifico di modelli che simulano le evoluzioni nel futuro dello spostamento delle acque di strato ed eventuali chiazze di idrocarburi da piattaforme offshore. Nella piattaforma di intelligence è possibile disegnare workflow di elaborazione, nell'applicativo se ne identificano due principali, quello di ingestion dei dati e quello di esecuzione dei modelli AI/ML. L'applicativo integra il modello deterministico delle correnti rilocabile e i modelli sviluppati dall'ente CMCC.

I servizi dell'intelligence platform quindi si occuperanno di eseguire l'ingestion dei dati in funzione della zona di interesse selezionata dall'utente, di memorizzarli temporaneamente su block storage mappato all'interno del SIM e di eseguire i modelli con i dati di input estratti. Questi servizi AI/ML vengono invocati on demand dall'interfaccia webGIS tramite API request, la risposta può avvenire in modo sincrono oppure può avvenire in modalità asincrona tramite l'invio di una notifica sull'interfaccia.

L'applicativo integra le interfacce web dei sistemi WITOIL e Gutta-VISIR implementando collegamenti url nella user interface della digital experience platform, le comunicazioni http tra la user interface e le interfacce esterne vengono gestite dall'integration platform.

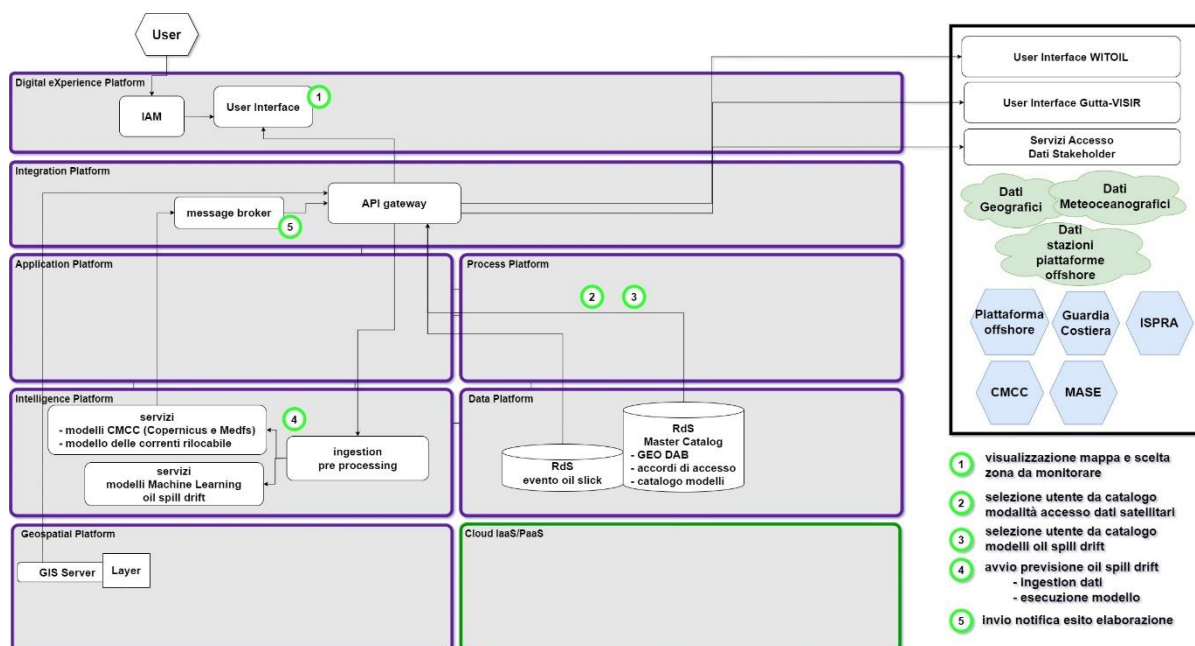
Il flusso dei dati avviene secondo le seguenti fasi:

1. Import dei dati satellitari, meteoceanografici e delle stazioni delle piattaforme offshore pertinenti alla singola richiesta di elaborazione e memorizzazione in aree di storage temporanee all'interno del SIM
2. i servizi costruiti nell'intelligence platform leggono i dati satellitari relativi agli oil slick memorizzati dall'applicazione V3.1 e i dati memorizzati nelle aree temporanee al punto 1
3. creazione dei layer GIS contenenti le informazioni elaborate dai modelli AI/ML di simulazione predittiva dello spostamento della macchia oleosa
4. Visualizzazione tramite interfaccia webGIS dei layer al punto 3

Si identificano le seguenti interconnessioni tra le componenti:

- l'interfaccia webGIS invoca request verso i servizi GIS che gestiscono le mappe cartografiche a livello nazionale del SIM
- l'interfaccia webGIS gestisce la selezione delle piattaforme interessate di oil spill
- l'interfaccia webGIS richiede, tramite request al Master Catalog, la lista delle sorgenti a disposizione in modo che l'utente possa farne una scelta
- l'interfaccia webGIS richiede, tramite request al Master Catalog, la lista dei modelli di Machine Learning a disposizione in modo che l'utente possa farne una scelta
- l'utente, tramite interfaccia webGIS, avvia il processo di elaborazione del modello deterministico o di machine learning invocando request verso GIS server
- I servizi di elaborazione dei modelli della intelligence platform invocano la richiesta di estrazione e pre processamento dei dati meteoceanografici delle stazioni selezionate
- I servizi AI/ML dell'intelligence platform inviano un messaggio di notifica di esito dell'elaborazione verso il servizio di message broker.

I punti contrassegnati in verde nel diagramma danno evidenza della sequenza temporale di come avviene la richiesta di fruizione dei dati tramite le componenti software di backend.



1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate

| MODULO | SERVIZIO | UTILIZZO | NOTE |
|----------------------------------|------------------------------------|----------|--|
| Application Platform (DevSecOps) | Pipeline CI/CD Engine | SI | Il codice software dei microservizi dei modelli di AI/ML di oil spill drift implementati all'interno dell'Intelligence Platform vengono sviluppati tramite tool di sviluppo (es: Jupyter, Dataiku) successivamente il codice viene versionato nel repository di progetto e deployato in collaudo e produzione tramite tool di pipeline automatizzate. |
| | Software Forge | SI | Il focus principale dell'applicativo è lo sviluppo di modelli di AI/ML di oil spill drift che verranno salvati e catalogati nel master catalog pronti per essere selezionati e utilizzati nelle condizioni al contorno più congrue. La gestione del versioning, del tracciamento dei problemi, la collaborazione tra gli sviluppatori ha impatti principalmente sull'intelligence platform e su tutte le piattaforme coinvolte nel disegno architetturale come da paragrafo precedente |
| | Application Defined Storage Engine | NO | |
| | Service Mesh | SI | È necessario un framework di Service Mesh per semplificare la comunicazione, monitorare e gestire i servizi, avere un'applicazione ad alta affidabilità, e |

| MODULO | SERVIZIO | UTILIZZO | NOTE |
|------------------|---------------------------------------|----------|---|
| | | | gestire la sicurezza e la resilienza del sistema. |
| | Observability | SI | La capacità di misurare, monitorare e comprendere il comportamento di un sistema software in esecuzione, in modo da poter diagnosticare problemi, tracciare le prestazioni e ottenere informazioni dettagliate sullo stato del sistema impatta tutte le piattaforme coinvolte nel disegno architetturale come da paragrafo precedente |
| Process Platform | Business Process Modelling | NO | |
| | Workflow Engine | NO | |
| | Business Rule Engine | NO | |
| | Analytics and Reporting | NO | |
| | Integration and Connectivity | NO | |
| | Collaboration and Communication tools | NO | |
| | Security and Access Control | NO | |
| | Complex Event Processing | NO | |
| Data Platform | Extract, Transform, Load (ETL) tools | NO | |
| | Data Modelling tools | SI | I formati delle immagini satellitari e dei dati meteoceanografici nel perimetro delle piattaforme offshore devono essere normalizzati secondo uno schema comune prima di essere elaborati dai modelli di AI/ML |
| | Business Intelligence tools | NO | |
| | Metadata Management tools | SI | Le informazioni utili al reperimento delle immagini satellitari e ai dati meteoceanografici nel perimetro delle piattaforme offshore vengono inserite nel master catalog tramite tool di metadata management |
| | Data Governance tools | SI | Le immagini satellitari e i dati meteoceanografici nel perimetro delle piattaforme offshore devono essere sottoposte a trasformazioni preliminari che ne permetta l'utilizzo nei modelli AI/ML |

| MODULO | SERVIZIO | UTILIZZO | NOTE |
|-----------------------|-------------------------------------|----------|---|
| | Data modeling and Preparation tools | NO | |
| | Report creation/generation | NO | |
| | Data Visualization engines | NO | |
| | Indexing, search | SI | L'utente deve poter selezionare la versione del modello AI/ML di oil slick drift da mandare in esecuzione |
| Intelligence Platform | AI/ML Frameworks catalog | SI | Nel master catalog vengono registrati i modelli di AI/ML disponibili per l'applicazione delle trasformazioni sui dati |
| | AI/ML Flows | SI | L'intelligence platform predispone strumenti di progettazione di workflow che implementano flussi condizionati di elaborazioni AI/ML |
| | AI Models Lifecycle Management | SI | L'applicativo memorizza le versioni di più modelli AI/ML in modo che l'utente possa scegliere la versione più appropriata da elaborare in quel momento |
| | AI Data Preparation | SI | |
| | Model Deployment | SI | |
| | Model Monitoring | SI | |
| | ML Scaling Framework | SI | L'elaborazione dei servizi di intelligence platform può essere "scalata" sia verticalmente potenziando l'hardware a disposizione che orizzontalmente istanziando più processi su orchestratori di servizi containerizzati |
| Integration Platform | Integration Flows (Scenarios) | SI | Il flusso di integrazione tra i componenti delle piattaforme avviene sempre tramite l'integration platform |
| | Connectors | SI | L'applicativo predispone connettori per il reperimento dei dati satellitari, dei dati meteoceanografici e dei dati delle stazioni installate sulle piattaforme offshore |
| | Data mapping and transformation | SI | L'applicativo esegue un controllo sintattico e semantico sui dati satellitari e meteorologici nel perimetro delle piattaforme offshore e applicata una prima fase di trasformazione in modo da omogeneizzare i dati in input alle elaborazioni successive |
| | Integration workflow automation | NO | |

| MODULO | SERVIZIO | UTILIZZO | NOTE |
|-----------------------------|---|----------|---|
| | API management | SI | Si implementa il routing delle richieste API tra le varie componenti delle piattaforme |
| | API gateway | SI | Viene gestito il routing delle richieste API tra le varie componenti |
| | Policies, monitoring and analytics | SI | Le richieste API tra le varie component vengono monitorate per analizzarne le performance |
| | Security and compliance | SI | I dati in transito vengono gestiti secondo criteri di integrità e confidenzialità e l'accesso sicuro ai servizi è garantito tramite token di autenticazione |
| Digital Experience Platform | Content Management Service | NO | |
| | Mobile Devices Support | SI | Le simulazioni delle previsioni di spostamento della chiazza di petrolio possono essere consultabili mediante App Mobile dedicata |
| | Content Personalization | NO | |
| | Content and Service Analytics | NO | |
| | Identity Management Support Integration | SI | |
| | Service Access Policies | SI | |
| | Single Page Apps | SI | |
| | Forms | NO | Non è previsto l'utilizzo di formulari per la raccolta di informazioni sui profili o sui contatti degli utenti |
| | Asset Publisher | NO | |
| | Search | NO | |
| | Fragments and Pages | SI | L'applicativo implementa componenti software riutilizzabili all'interno di più pagine web |
| | SEO and Page Analytics | NO | |
| Geospatial Platform | Data Integration | SI | L'applicativo integra le mappe della cartografia di base, di quelle satellitari e le mappe di dislocazione delle stazioni offshore |
| | Remote Sensing | SI | L'applicativo monitora lo spostamento dello sversamento di olio dalle piattaforme offshore |
| | GIS base services | SI | L'applicativo fornisce servizi e formati in standard OGC |

| MODULO | SERVIZIO | UTILIZZO | NOTE |
|--------|---------------------------------|----------|--|
| | Spatial Analysis | SI | L'utente deve avere la possibilità di identificare e selezionare la zona adiacente alla piattaforma offshore dove lo sversamento si è verificato tramite layer dell'interfaccia webGIS predisposti per l'applicativo |
| | Risk Assessment | SI | Tramite la visualizzazione delle simulazioni dello spostamento della macchia di idrocarburi, l'applicativo evidenzia elementi di pericolosità e rischi futuri |
| | Predictive Modeling | SI | L'applicativo visualizza su layer geografico le simulazioni dei modelli predittivi |
| | Climate Change Analysis | SI | L'applicativo visualizza il cambiamento climatico fondamentale per valutare lo spostamento della macchia oleosa |
| | Environmental Impact Assessment | SI | L'applicativo visualizza le immagini satellitari con situazioni di oil spill drift che contribuiscono ai processi decisionali di contenimento dei rischi |
| | Reporting and Visualization | SI | |
| | Historical Data Analysis | SI | Tramite questa capability l'applicativo permette delle analisi grafiche dei dati di serie storiche |
| | Scenario Planning | SI | L'applicativo fornisce scenari futuri di simulazioni di spostamento della macchia di olio dalla piattaforma offshore |

1.4 Dati di input

1.4.1 Introduzione ai Dati di Input

Per la parte di Oil Slick Detection, i dati di input sono costituiti principalmente dai dati satellitari acquisiti sull'area di interesse (porti, piattaforme petrolifere, zone di mare limitate) con la frequenza richiesta (i.e. giornaliera come da baseline e da valutare se è possibile a frequenza maggiore) su cui eseguire gli algoritmi di Oil Spill Detection.

I dati satellitari che saranno considerati come possibili fonti di dati in input sono:

- Sentinel-1 (Copernicus);
- Sentinel-2 (Copernicus);
- Landsat (NASA);
- Prisma (ASI);
- NIMBUS SAR e NOX SAR (IRIDE);
- EAGLET-2 e HEO (IRIDE);

- PLATINO – HYP (IRIDE);
- NIMBUS – VHR (IRIDE);
- COSMO-SkyMed (ASI);
- Third party mission – Satelliti commerciali (es. RADARSAT, TERRASAR-X).

I dati provenienti dai satelliti commerciali potranno essere usati per monitoraggio on-demand nei casi in cui l'analisi richiedere immagini a più alta risoluzione. Questa funzionalità è utile quando si vuole seguire l'evoluzione di uno sversamento già rilevato dal monitoraggio sistematico.

I dati AIS sono usati in caso di Oil Slick rilevato in mare, per mostrare su mappa l'evento di Oil Slick e un layer aggiuntivo con le informazioni AIS delle imbarcazioni nella zona di interesse in una finestra temporale configurabile.

I parametri che definiscono le aree di particolare interesse per l'analisi on-demand sono parte della configurazione del sistema, assieme ad altri parametri quali la risoluzione spaziale dei dati di input.

Infine, i dati per il training delle reti neurali sono essenziali per generare il modello addestrato. Tale dataset è costituito da:

- Dati open source di training per modelli di Oil Spill Drift detection – Ground Truth
- Nuovi dati Oil Spill detection Validati
- Dati di simulazione generati in modo sintetico

Per la part di Oil Drift i dati di input principali sono costituiti dagli eventi generati dall'applicativo di Oil Slick Detection. Questi sono:

- Notifica rilevamento Oil Slick
- Evento di Oil Slick composto da:
 - Un coefficiente di attendibilità
 - Perimetro della/e chiazze degli sversamenti – shapefile di punti del perimetro geolocalizzati
 - Immagini satellitari relative

A questi dati si aggiungono i dati necessari per determinare l'evoluzione temporale delle chiazze di sversamento, che principalmente sono costituiti da:

- Dati statici linea di costa e batimetria
- Dati meteo/meteo-marini (wind speed) tipicamente aggiornati ogni 6 ore dagli enti meteorologici.
- Dati idrodinamici (correnti marine) giornalieri.

A corredo, se disponibili il sistema potrà usare dati locali quali: tipologia di idrocarburo, caratteristiche fisico-chimiche, spessori e stima quantità.

Infine, il sistema potrà usare dati ambientali dal progetto MER* per renderli disponibili ad utenti esperti in modo da determinare mappe di rischio locali legati allo sversamento di idrocarburi.

I dati presenti in piattaforma saranno disponibili, con le opportune profilazioni di accesso, a tutti gli enti/stakeholder della piattaforma.

(*) I servizi ISPRA MER – ad oggi in fase di progettazione ed implementazione da parte di ISPRA – saranno integrati nelle componenti disponibili entro i tempi di implementazione dell'attuale progetto SIC. Le componenti non disponibili oltre la data di implementazione dell'attuale progetto sono da considerarsi out-of-scope, a meno di successive integrazioni contrattuali con il MASE.

1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati

Segue tabella delle fonti-dati in scope di progetto (eventuali fonti dati aggiuntive potranno essere incluse con specifiche estensioni progettuali).

| ID | Nome Sorgente Dati | Proprietà dei Dati (owner) | Modalità di Accesso | Frequenza di Aggiornamento | Soluzioni per l'Accesso ai Dati | Caratteristiche Sensibilità Dato | Uso del Dato | Criticità |
|--------------|---|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------|---|--|-----------|
| V3AP03_DI001 | Immagini Satellitari | Federati | Online | Giornaliera | API | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Finalità applicativo di riferimento | N/A |
| V3AP03_DI002 | Dati futuri IRIDE | Federati | Online | Giornaliera | API | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Finalità applicativo di riferimento | N/A |
| V3AP03_DI003 | Dati open source per training modelli (Oil Spill detection) | Open Source data | Online | Variabile | Interfaccia Sviluppo | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Finalità training modelli AI (Oil Slick detection) | N/A |
| V3AP03_DI004 | Nuovi dati Oil Spill detection validati | Generati dal modello | Online | Variabile | Interfaccia Sviluppo | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Finalità training modelli AI (Oil Slick detection) | N/A |
| V3AP03_DI005 | Dati di simulazione generati | Generati dal modello | Online | Variabile | Interfaccia Sviluppo | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Finalità training modelli AI | N/A |

| ID | Nome Sorgente Dati | Proprietà dei Dati (owner) | Modalità di Accesso | Frequenza di Aggiornamento | Soluzioni per l'Accesso ai Dati | Caratteristiche Sensibilità Dati | Uso del Dato | Criticità |
|--------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------------|---|--|-----------|
| | in modo sintetico | | | | | sensitive data | (Oil Slick detection) | |
| V3AP03_DI006 | Dati scelta del satellite | Input Manuale | Non Applicabile | On Demand | Interfaccia Operativa | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Configurazione applicativo | N/A |
| V3AP03_DI007 | Dati scelta area di buffer | Input Manuale | Non Applicabile | On Demand | Interfaccia Operativa | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Configurazione applicativo | N/A |
| V3AP03_DI008 | Dati Ground Range Resolution | Input Manuale | Non Applicabile | On Demand | Interfaccia Operativa | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Configurazione applicativo | N/A |
| V3AP03_DI009 | Dati aree di interesse | Input Manuale | Non Applicabile | On Demand | Interfaccia Operativa | Unclassified sensitive data - soggetta ad eventuale classificazione di riservatezza | Configurazione applicativo | N/A |
| V3AP03_DI010 | Dati AIS | Guardia Costiera | Online | Periodico | API | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Generazione di un layer aggiuntivo con le informazioni AIS delle imbarcazioni in caso di Oil Slick | N/A |
| V3AP03_DI011 | Segnalazione | SIM | Online | Variabile | API | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Finalità applicativo | N/A |

| ID | Nome Sorgente Dati | Proprietà dei Dati (owner) | Modalità di Accesso | Frequenza di Aggiornamento | Soluzioni per l'Accesso ai Dati | Caratteristiche Sensibilità Dato | Uso del Dato | Criticità |
|--------------|--|----------------------------|---------------------|--|---------------------------------|---|---|-----------|
| | rilevamento Oil Slick | | | | | on-sensitive data | di riferimento | |
| V3AP03_DI012 | Evento di Oil Slick | SIM | Online | Variabile | API | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Finalità applicativo di riferimento | N/A |
| V3AP03_DI013 | Dati statici: linea di costa; batimetria (DEM) | Open Source data | Online | Statici | Scarico offline manuale | Unclassified | Finalità applicativo di riferimento | N/A |
| V3AP03_DI014 | Dati caratteristici sversamento | Guardia Costiera | Offline | On Demand | Scarico offline manuale | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Finalità applicativo di riferimento | N/A |
| V3AP03_DI015 | Dati Progetto MER | Progetto MER / ISPRA | Offline / Online | Variabile | Scarico offline manuale / API | Unclassified sensitive/non-sensitive data | Finalità applicativo di riferimento (generazione mappe di rischio locali) | N/A |
| V3AP03_DI016 | Dati meteo /meteo marini | ISPRA - Enti meteo (ECMWF) | Online | Ogni 6 ore - 4 aggiornamenti giornalieri | API | Unclassified | Finalità applicativo di riferimento (Oil Spill Drift) | N/A |
| V3AP03_DI017 | Dati idrodinamici (correnti) | CMCC/ENEA | Online | Giornalmente | API | Unclassified | Finalità applicativo di riferimento (Oil Spill Drift) | N/A |

1.4.3 Specifiche di Contenuto

| ID | Specifiche di contenuto |
|--------------|---|
| V3AP03_DI001 | <p>I dati satellitari provenienti da Copernicus sono di proprietà della Commissione europea che è responsabile del coordinamento e della gestione del programma Copernicus. I dati forniti dai satelliti Sentinel del programma Copernicus possono essere scaricati tramite l'hub Copernicus ad accesso aperto ("Copernicus Open Access Hub") dell'ESA oppure tramite il punto di accesso ai dati online di Copernicus ("Copernicus Online Data Access") dell'EUMETSAT, a seconda del tipo di dati. Nel giugno 2018 sono stati messi a disposizione degli utenti cinque nuovi punti di accesso chiamati DIAS ("Data and information Access Services").</p> <p>"Copernicus Open Access Hub" cesserà le operazioni a fine ottobre 2023. Il nuovo servizio di discovery ed accesso ai dati è il "Copernicus Data Space Ecosystem" (https://dataspace.copernicus.eu/). Il catalogo delle API offre diverse interfacce per interagire con il database dei dati tra cui STAC, OData e OpenSearch.</p> <p>I dati Copernicus si possono accedere tramite diverse tipologie di API:</p> <ul style="list-style-type: none"> • API del catalogo: esistono varie interfacce che offrono la possibilità di effettuare ricerche nel catalogo, di soddisfare le esigenze dei vari utenti e di garantire la continuità rispetto agli hub Copernicus esistenti. • Accesso semplificato ai dati: gli utenti possono utilizzare le sue API per recuperare i dati satellitari sulla propria AOI e un intervallo di tempo specifico da archivi completi in pochi secondi. • Trasferimento prodotti utilizzando S3: l'API S3 è uno dei principali metodi di accesso per i dati EO. È adatto per applicazioni di terze parti che richiedono accesso parallelo e scalabilità ad alte prestazioni. Inoltre, qualsiasi utente che desideri connettersi da un'infrastruttura esterna alla raccolta Copernicus Data Space Ecosystem può farlo tramite il protocollo S3. <p>ESA third party mission include alcuni satelliti commerciali la cui proprietà dipende dalle specifiche missioni. Esistono accordi tra fornitori ed ESA che regolano le policy di accesso al dato.</p> <p>I dati SAR di COSMO-SkyMed sono di proprietà di ASI. I dati forniti dalle costellazioni COSMO-SkyMed e COSMO-SkyMed Seconda Generazione possono essere scaricati tramite un portale. Da verificare se sia possibile fare query e scaricare i dati tramite protocolli machine-machine. Sono in corso le necessarie verifiche.</p> <p>I dati iperspettrali di PRISMA sono di proprietà di ASI.</p> <p>I dati multispettrali Landsat sono di proprietà della NASA che gestisce la missione. Esistono diversi servizi di accesso al dato, come ad esempio quello offerto da USGS. Alcuni dataset sull'Europa sono disponibili tramite portale ESA. Per l'accesso ai dati Landsat ci sono diverse soluzioni fornite da USGS che dipendono dal tipo di dato che si vuole scaricare. Maggiori dettagli si possono trovare ai seguenti link:</p> <ul style="list-style-type: none"> • https://m2m.cr.usgs.gov/ • https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-data-access |
| V3AP03_DI002 | I dati che saranno prodotti dal sistema IRIDE sono di proprietà del Governo Italiano. |

| ID | Specifiche di contenuto |
|--------------|--|
| | <p>I dati forniti dai satelliti della costellazione IRIDE possono essere scaricati tramite il Marketplace, che costituisce l'infrastruttura per l'accesso ai dati della costellazione satellitare IRIDE. Essendo il MASE (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica) un dicastero del Governo Italiano e End User dei servizi IRIDE, per gli scopi del SIM, sarà possibile integrare sia i dati processati dal PDGS di IRIDE (L1, L2) che i prodotti generati dai Servizi IRIDE come ad esempio le mappe Oil Spill detection e Oil Spill drift fornite dalle relative Service Value Chains di IRIDE. L'integrazione con il SIM avverrà mediante API. Tuttavia, va specificato che le mappe di Oil Spill detection e Oil Spill drift generate dalle Service Value Chains di IRIDE Servizi saranno integrate al solo scopo di permettere un confronto con le mappe dall'applicativo stesso che, per come è stato progettato, è in grado di generare autonomamente mappe di Oil Spill detection e Oil Spill drift con algoritmi di AI/ML configurabili e che possono evolvere. Infatti l'applicativo 3.3 prevede un'interfaccia di sviluppo tramite cui utenti esperti possono fare il training dei modelli, selezionare un modello da utilizzare in operazione, configurare i modelli esistenti, sviluppare, validare e rilasciare nuovi modelli.</p> <p>IRIDE Marketplace permetterà l'interoperabilità e la federazione con altri sistemi di disseminazione dei dati (per es., Sentinels, Landsat, COSMO Sky-Med) ed esporrà metadati e funzioni agli utenti. La Discovery dei dati e le funzioni di accesso saranno possibili via API.</p> |
| V3AP03_DI003 | Dati open source di training per modelli di Oil Spill detection |
| V3AP03_DI004 | Nuovi dati Oil Spill detection validati possono essere utilizzati per arricchire la banca dati di training dei modelli. |
| V3AP03_DI005 | Dati di simulazione generati in modo sintetico |
| V3AP03_DI006 | Dati relativi al satellite da cui visualizzare/acquisire le immagini |
| V3AP03_DI007 | Dati relativi all'area in cui saranno eseguiti i processamenti (area di buffer) |
| V3AP03_DI008 | Dati relativi alla risoluzione spaziale dei sensori satellitari (Ground Range Resolution) |
| V3AP03_DI009 | Dati relativi alle aree di particolare interesse dove acquisire immagini a più alta risoluzione. Questi dati possono essere anche parametri di input definiti tramite GUI. |
| V3AP03_DI010 | La "rete nazionale" per la ricezione delle informazioni AIS (Automatic Identification System) trasmesse dalle navi è gestita dalla Guardia Costiera. I dati AIS sono accentrati presso il Comando Generale (Guardia Costiera) e da questo resi disponibili, attraverso opportune interfacce macchina-macchina ad altri servizi di responsabilità del Comando Generale. |
| V3AP03_DI011 | Dati relativi ad una segnalazione di rilevamento Oil Slick. |
| V3AP03_DI012 | Dati relativi all'evento di Oil Slick |
| V3AP03_DI013 | Dati statici: linea di costa; batimetria (DEM) |
| V3AP03_DI014 | Dati caratteristici dello sversamento come ad es. tipologia di idrocarburo, spessore della macchia, estensione o proprietà relative alle acque di strato. |
| V3AP03_DI015 | Dati Progetto MER (dati moto ondoso, RON, modelli previsionali del moto ondoso e del mare). |
| V3AP03_DI016 | <p>Dati meteo /meteo marini.</p> <p>Dati meteo / meteo marini (wind speed) sono accessibili tramite API specifiche.</p> |

| ID | Specifiche di contenuto |
|--------------|---|
| | Ad esempio, i dati meteo provenienti da ECMWF sono accessibili con l'API Web ECMWF che consente di richiedere e recuperare in modo programmatico i dati tramite protocollo HTTP dall'archivio dati ECMWF. La richiesta dei dati viene effettuata utilizzando il linguaggio di scripting ECMWF MARS e i dati vengono ricevuti come NetCDF, GRIB o json, a seconda del servizio API utilizzato. |
| V3AP03_DI017 | Dati idrodinamici (correnti marine) sul mediterraneo aggiornati giornalmente. Questi dati sono di proprietà di CMCC (Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici) e/o di ENEA** a seconda del servizio scelto. Tipicamente accessibili via API. |

(**) Per i servizi che ENEA renderà disponibili come contributor di progetto.

In generale la logica nella selezione dei dati satellitari usati per la parte sistematica dell'Oil Slick Detection prevede l'utilizzo dei dati Copernicus e della costellazione IRIDE (nel momento in cui diventa operativa) come baseline, complementati dai dati di COSMO-SkyMed e COSMO-SkyMed Seconda Generazione in maniera da coprire l'intera area di interesse ("area di buffer") con la frequenza attesa (i.e. giornaliera come da baseline e da valutare se è possibile a frequenza maggiore). Saranno presi in considerazione anche dati Landsat e PRISMA per le analisi multi/iperspettrali delle acque di strato.

La frequenza con cui ciascuna fonte dati viene aggiornata è una dipendenza esterna e potrebbe rappresentare una criticità per l'obiettivo del monitoraggio Near-Real-Time.

1.5 Sistemi federati

1.5.1 Introduzione ai Sistemi Federati

I sistemi che saranno federati nell'applicativo 3.3 sono essenzialmente quelli che offrono il servizio di discovery e accesso ai dati utili ai fini dell'applicativo stesso. Un elenco tabulare è fornito nel paragrafo successivo. Per alcuni dei sistemi federati, non è al momento chiaro se offrono un layer API, M2M o CLI di interoperabilità.

1.5.2 Elenco dei Sistemi Federati

| ID | Nome Sistema Federato | Descrizione Sis Fed | Proprietà del servizio (owner) | Modalità di Interazione | Caratteristiche Sensibilità Servizio |
|--------------|-----------------------|---|--------------------------------|-------------------------|---|
| V3AP03_SF001 | IRIDE | IRIDE, il programma nazionale di Osservazione della Terra finanziato su iniziativa del Governo Italiano con fondi del PNRR, sarà completato entro il 2026 sotto | Governo Italiano | Interoperabilità API | Unclassified sensitive/non-sensitive data |

| ID | Nome Sistema Federato | Descrizione Sis Fed | Proprietà del servizio (owner) | Modalità di Interazione | Caratteristiche Sensibilità Servizio |
|--------------|-----------------------|---|--------------------------------|-------------------------|---|
| | | la gestione dell'ESA – European Space Agency – e con il supporto dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI). Il sistema federato sarà il Marketplace di IRIDE. | | | |
| V3AP03_SF002 | Copernicus | Copernicus, è il programma Europeo di Osservazione della Terra finanziato dall'Unione Europea e gestito operativamente da ESA. Come già discusso nei precedenti paragrafi esistono diverse soluzioni di accesso al dato Copernicus. Uno o più sistemi di dissemination dei dati saranno federati nel SIM. | ESA / UE | Interoperabilità API | Unclassified sensitive/non-sensitive data |
| V3AP03_SF003 | COSMO-SkyMed | COSMO-SkyMed (Constellation of small Satellites for Mediterranean basin Observation) è il primo sistema duale (civile e militare) di satelliti radar di osservazione terrestre; il sistema è promosso dall'Agenzia Spaziale Italiana e dal Ministero della Difesa. Sarà | ASI / Ministero della Difesa | API/Offline | Unclassified sensitive/non-sensitive data |

| ID | Nome Sistema Federato | Descrizione Sis Fed | Proprietà del servizio (owner) | Modalità di Interazione | Caratteristiche Sensibilità Servizio |
|--------------|--|--|--------------------------------|-------------------------|---|
| | | federato nel SIM il servizio di dissemination del dato. | | | |
| V3AP03_SF004 | PRISMA | PRISMA (PRecursoRe IperSpettrale della Missione Applicativa), un sistema di osservazione della Terra all'avanguardia, dotato di strumenti elettro-ottici, che integra un sensore iperspettrale con una macchina fotografica media risoluzione sensibile a tutti i colori (pancromatica). | ASI | API/Offline | Unclassified sensitive/non-sensitive data |
| V3AP03_SF005 | Landsat | Landsat è una costellazione di satelliti per telerilevamento che osservano la Terra: i dati da loro collezionati sono stati usati per oltre 30 anni per studiare l'ambiente, le risorse, e i cambiamenti naturali e artificiali avvenuti sulla superficie terrestre. | NASA / USGS | Interoperabilità API | Unclassified sensitive/non-sensitive data |
| V3AP03_SF006 | Third party missions (commercial data) | ESA missioni di terze parti. | Third party | API/Offline | Unclassified sensitive/non-sensitive data |

| ID | Nome Sistema Federato | Descrizione Sis Fed | Proprietà del servizio (owner) | Modalità di Interazione | Caratteristiche Sensibilità Servizio |
|--------------|--|---|---|-------------------------------------|---|
| V3AP03_SF007 | AIS | Sistema di Identificazione Automatica". L'AIS permette di visualizzare un insieme di informazioni riguardanti una data imbarcazione. | Comando Generale della Guardia Costiera | M2M | Unclassified sensitive/non-sensitive data |
| V3AP03_SF008 | SIMM (Previsioni stato del mare) / MER | La previsione meteorologica, idrologica e ondometrica sull'area Mediterranea. Da capire con ISPRA se questi servizi/dati sono oggetto dell'attività MER che ha come obiettivo il rafforzamento di sistemi di raccolta dati ambientali/marini a livello nazionale. | ISPRA | Ulteriori approfondimenti necessari | Unclassified non-sensitive data |
| V3AP03_SF007 | ECMWF (Previsioni meteo) | Dati e previsioni meteo forniti dall'ente europeo per le previsioni meteorologiche a medio periodo. | ECMWF | Interoperabilità API | Unclassified non-sensitive data |
| V3AP03_SF008 | CMCC/ENEA (Dati idrodinamici) | Dati idrodinamici (correnti marine) sul mediterraneo aggiornati giornalmente. Questi dati sono di proprietà di CMCC (Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici) e/o di | CMCC/ENEA | Ulteriori approfondimenti necessari | Unclassified non-sensitive data |

| ID | Nome Sistema Federato | Descrizione Sis Fed | Proprietà del servizio (owner) | Modalità di Interazione | Caratteristiche Sensibilità Servizio |
|----|-----------------------|--|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| | | ENEA a seconda del servizio scelto. Tipicamente accessibili via API. | | | |

Dall'analisi preliminare condotta da ESA (High Level Security Risk Assessment) è emerso che i dati e le informazioni generati dal programma IRIDE saranno trattati, in virtù dei suoi obiettivi e bisogni, come informazioni non classificate (PL1), con alcune aree specifiche che dovranno essere gestite come sensibili (PL2). Per quanto noto oggi, i dati e l'output dei servizi IRIDE saranno accessibili a utenti finali istituzionali autorizzati dal Programma.

La stragrande maggioranza dei dati/informazioni forniti da Copernicus è resa disponibile e accessibile a qualsiasi cittadino e a qualsiasi organizzazione in tutto il mondo in modo gratuito, completo e aperto.

Un discorso a parte va fatto per i dati COSMO-SkyMed che, in virtù della sua natura duale (civile-militare), può essere considerata come una missione per cui alcuni dati potrebbero richiedere un livello superiore di classificazione. Per gli obiettivi dell'applicativo è previsto l'utilizzo di dati non classificati (Unclassified sensitive/non-sensitive data). Tuttavia, ulteriori approfondimenti su questo aspetto sono necessari.

I dati meteo/meteo-marini ed idrodinamici sono tipicamente dati pubblici non sensibili ed accessibili tramite registrazione al servizio di pubblicazione.

Quando sarà disponibile, IRIDE Marketplace permetterà l'interoperabilità e la federazione con altri sistemi di disseminazione dei dati (per es., Sentinels, Landsat, COSMO Sky-Med) di cui esporrà metadati e funzioni. Questo semplificherà di molto la federazione di sistemi diversi che offrono meccanismi e modalità di accesso differenti. Nella fase iniziale di progettazione e successiva implementazione, i sistemi federati saranno considerati separatamente gli uni dagli altri ed andranno progettate ed implementate le interfacce e le funzioni di ingestion per ciascuno di questi.

I dati scambiati tra i Sistemi Federati ed il SIM, così come tra il SIM ed altre entità esterne, devono essere trasmessi in modo sicuro adottando tutte le misure necessarie per garantire la confidenzialità, l'integrità e la disponibilità delle informazioni. Le misure di sicurezza implementate saranno commisurate ed adeguate al livello di sensibilità dei dati scambiati.

Alcuni esempi **non esaustivi** di misure di sicurezza sono:

- connessioni con protocolli sicuri (TLS/SSL)
- adozione di VPN
- Configurazione di una DMZ

- configurazione di Firewall

1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli

1.6.1 Introduzione e Panorama Generale

È necessario premettere che l'applicativo 3.3 sfrutta buona parte dell'implementazione degli algoritmi e modelli integrati negli applicativi 3.1 e 3.2. Per una comprensione completa di tali algoritmi e modelli è necessario fare riferimento anche ai rispettivi documenti di Progettazione Esecutiva.

L'implementazione di algoritmi e modelli nel SIM, ed in particolare per il verticale in questione, è di fondamentale importanza. Le funzioni che permettono la rilevazione dell'Oil Slick sono basate su una combinazione coordinata di flussi di dati dai sistemi federati, moduli di pre-elaborazione per fornire la base dati e la successiva elaborazione di questi ultimi con modelli ML/AI.

I workflow di pre-elaborazione saranno implementati andando a combinare operatori messi a disposizione dalla suite dell'ESA SNAP che sarà integrata nel sistema. Per i modelli di AI/ML invece, è stata eseguita un'analisi preliminare della letteratura per identificare i modelli più idonei al problema nonché il loro grado di maturità.

Le funzioni che permettono la previsione degli sversamenti di idrocarburi determinati dall'applicativo dell'Oil Slick Detection sono basate su una combinazione coordinata di flussi di dati dai sistemi federati, moduli di pre-elaborazione per fornire la base dati e la successiva elaborazione di questi ultimi con modelli matematici previsionali basati su metodi di dispersione lagrangiana in grado di descrivere lo spostamento di un certo numero di particelle virtuali che vengono associate allo sversamento (in numero, posizione, e caratteristiche del comportamento quali gli effetti legati alla degradazione).

In sintesi, i modelli di previsione dovranno:

- Prevedere come i venti, correnti e altri processi possano influenzare la diffusione delle chiazze di idrocarburi sversate in mare;
- Determinare come le traiettorie previste delle chiazze di sversamento sono influenzate dall'inesattezza ("uncertainties") nelle osservazioni e previsioni della corrente e del vento.
- Determinare come si prevede che gli idrocarburi fuoriusciti cambieranno chimicamente e fisicamente ("whether") durante il tempo in cui gli idrocarburi rimangono sulla superficie dell'acqua.

I modelli di previsione degli sversamenti di idrocarburi in mare utilizzeranno pertanto:

- I dati di rilevamento degli oil spill derivanti dall'applicativo di Oil Spill Detection;
- I dati di previsione meteomarina e di circolazione marina aggiornati, disponibili nel database quali previsioni meteo (vento), previsioni delle correnti marine in superficie e lungo la colonna d'acqua, previsioni di moto ondoso (in particolare, le componenti del trasporto dovuto alle onde).

È possibile, inoltre, utilizzare differenti dati di previsione meteomarina e di circolazione marina in modo da gestire l'incertezza previsionale tramite l'elaborazione di un ensemble di previsione.

1.6.2 Criteri di Selezione

Gli algoritmi e i modelli riportati di seguito sono stati selezionati tra quelli già in uso che hanno il livello di maturità più elevato e vantano un'esperienza di uso consolidata. In ogni caso gli algoritmi e modelli selezionati devono avere un valore di Technology Readiness Levels (TRL) adeguato in maniera da garantire le prestazioni dell'elemento in un ambiente completamente operativo.

1.6.3 Tipologie di Funzioni Applicative

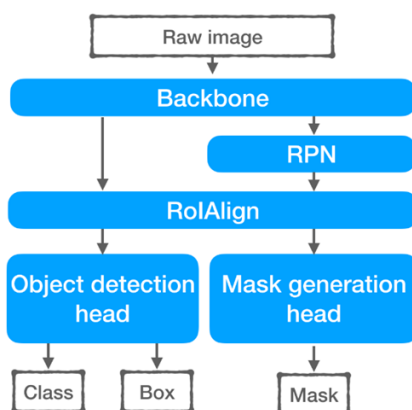
Le funzioni applicative descritte per l'Oil Slick detection sono principalmente basate su algoritmi specifici di segmentazione delle istanze (Instance Segmentation) che sfruttano il potenziale del Deep Learning per individuare e localizzare gli sversamenti di idrocarburi in mare in immagini SAR, e modelli di pre-elaborazione dei dati SAR in modo da renderli completamente fruibili per gli algoritmi di Oil Slick detection.

Le funzioni applicative descritte per l'Oil Drift sono principalmente basate su metodi idrodinamici.

1.6.4 Dettagli sugli Algoritmi

Nome architettura di rete neurale: Mask R-CNN

- **Descrizione:** La Mask-RCNN è una architettura di rete neurale convoluzionale utilizzata per il task di Instance Segmentation ed è una estensione del popolare modello Faster R-CNN, dove viene aggiunta la capacità di generare maschere pixel-per-pixel per gli oggetti rilevati, consentendo di effettuare di instance segmentation dettagliata.
- **Passaggi Chiave:** Le componenti principali della Mask R-CNN sono i seguenti:

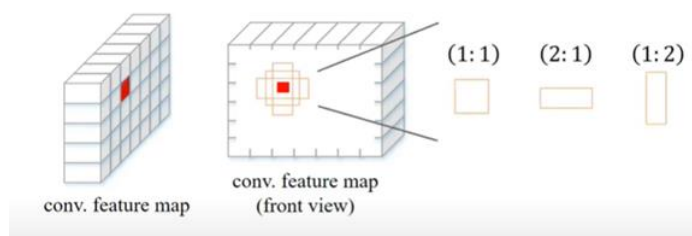


La **backbone** è la componente che si occupa dell'estrazione delle features queste è composta solitamente da ResNet e ResNeXt, entrambe aventi 50 o 101 layers e la cui estrazione delle features avviene a partire dall'ultimo layer convoluzionale appartenente al quarto o al quinto blocco (ad esempio, un backbone ResNet-101-C4 indicherà una ResNet avente profondità pari a 101 layer e la

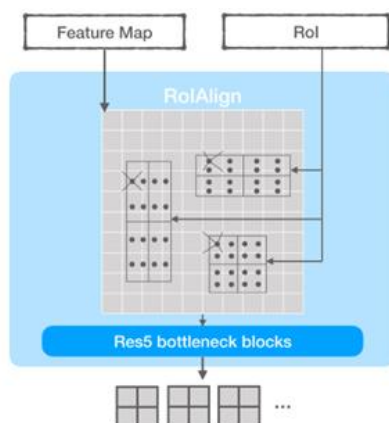
cui estrazione delle features avviene a partire dall'ultimo layer convoluzionale appartenente al quarto blocco).

Per ottenere features ancora più accurate è presente una seconda rete convoluzionale inserita al termine del primo backbone: la Feature Pyramid Network (**FPN**). Quest'ultima sfrutta una struttura piramidale per l'estrazione di diverse features aventi differenti scale, questo portata un guadagno in termini di precisione ed estrazione delle features.

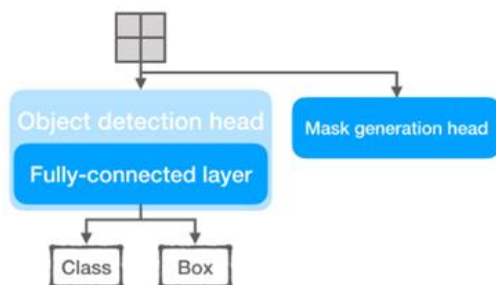
RPN è l'acronimo di Region Proposal Network, la cui funzione è la scansione della features map e la proposta di regioni che potrebbero contenere oggetti (Region of Interest o RoI).



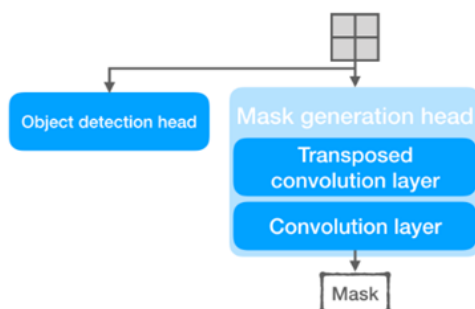
RoIAlign o Region of Interest estrae i vettori delle caratteristiche da una features map basata sul RoI proposto da RPN e li trasforma in un tensore di dimensioni fisse per ulteriori processi.



Dopo aver ottenuto la mappa delle caratteristiche del ROI individuale, c'è la parte di **Object detection branch** dove vengono predette la categoria dell'oggetto e bounding-box. Questo ramo è un livello completamente connesso (Fully-connected layer) che mappa i vettori delle caratteristiche alle n classi finali e alle coordinate del riquadro di delimitazione (bounding-box).



L'ultima componente è la **Mask generation branch** che serve per la realizzazione delle maschere. Per fare questo viene utilizzato uno strato convoluzionale trasposto e successivamente uno strato convoluzionale.

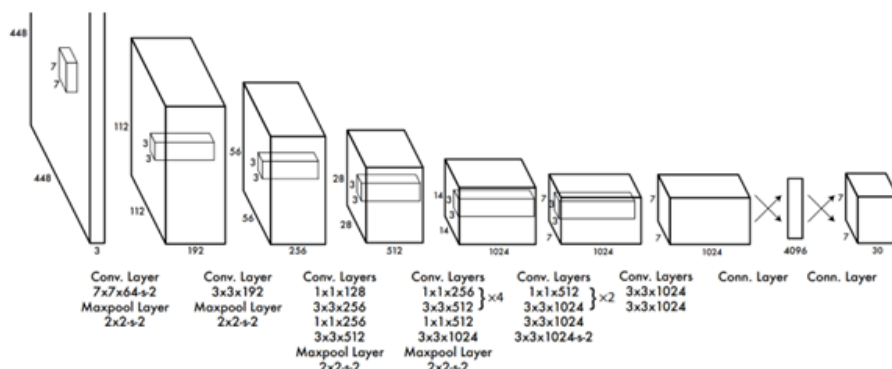


- **Input:** Immagini RGB ma anche multispettrali
- **Output:** Per ogni immagine restituisce le classi di ogni oggetto presente dell'immagini, le building box e le maschere.
- **Complessità computazionale:** moderata, alta
- **Utilizzo:** Computer Vision per task di Instance Segmentation
- **Grado di Maturità:** Consolidato
- **Riferimenti:** Paper ufficiale di chi ha ideato questa architettura [\[1703.06870\]](https://arxiv.org/abs/1703.06870) [Mask R-CNN \(arxiv.org\)](https://arxiv.org/abs/1703.06870)

Nome architettura di rete neurale: YOLO

- **Descrizione:** È un modello per l'identificazione e il riconoscimento di oggetti all'interno di immagini ed è basato sull'uso delle CNN (Convolutional Neural Network). In ogni immagine sono individuate le zone di interesse e a ognuna di esse è assegnata una probabilità di contenere un oggetto. L'algoritmo può essere addestrato al riconoscimento di più classi di oggetti;
- **Passaggi Chiave:** L'immagine è suddivisa in una griglia di N elementi, ciascuno con un settore dimensionale SxS di uguali dimensioni. Ognuna delle N celle ha il compito di rilevare le aree di

interesse, se il centro dell'oggetto ricade all'interno di una cella, questa è responsabile della sua individuazione e classificazione.

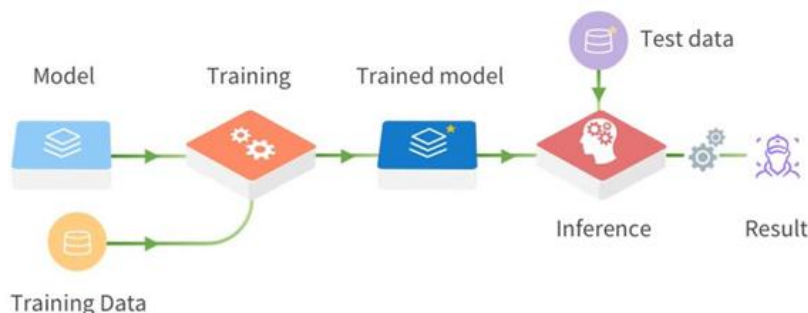


- **Input:** immagini RGB e multispettrali;
- **Output:** immagini, classificazione degli oggetti e bounding box predette;
- **Complessità computazionale:** moderata
- **Utilizzo:** Computer Vision per task di object detection;
- **Grado di Maturità:** consolidato,
- **Riferimenti:** Paper ufficiale [1506.02640.pdf \(arxiv.org\)](#)

1.6.5 Dettagli sui Modelli

Nome del modello: Deep Learning

- **Descrizione:** Il deep learning è una sottocategoria dell'apprendimento automatico (machine learning) che si basa sull'uso di reti neurali artificiali profonde per l'analisi e l'apprendimento da dati complessi.
- **Parametri:** Il deep learning fondandosi sull' uso di reti neurali queste fanno l' largo uso di iperparametri che vanno settati e configurati
- **Input:** L'input nel deep learning sono matrici o tensori.
- **Flusso operativo:**
 - Step 1: Configurazione del modello (rete neurale)
 - Step 2: Il modello configurato viene addestrato utilizzando un dataset di test
 - Step 3: Dopo che il modello si è addestrato viene testato su un test set
 - Step 4: vengono calcolate le metriche per valutare le performance del modello creato



- **Output:** predizione che può variare in base al task che si sta svolgendo ad esempio in caso di classificazione di immagini verrà restituita la classe di appartenenza delle immagini di input
- **Complessità computazionale:** questa può essere moderata ma questo dipende molto dagli iperparametri e dalla dimensione dell'input;
- **Utilizzo:** Il Deep Learning viene utilizzato in vari contesti i come ad esempio Computer Vision, NLP (Natural Language Processing), ecc..;
- **Grado di Maturità:** Consolidato.

Nome del modello: Pre-processing

- **Descrizione:** La pre-elaborazione consiste in trasformazioni di dati SAR di basso livello per migliorare l'interpretazione qualitativa e quantitativa dei componenti dell'immagine. Integrata in una pipeline standardizzata, include correzioni geometriche, radiometriche e atmosferiche, nonché correzioni del livello di intensità. La fase di georeferenziazione viene dopo, è un passaggio importante che realizza la corrispondenza con i requisiti dei GIS (sistemi informativi georeferenziati).
- **Input:** L'input consiste nel prodotto SAR di input.
- **Output:** Il dato SAR corretto e georeferenziato
- **Grado di Maturità:** Consolidato;

Nome del modello: MEDSLIK-II

Descrizione:

Il modello di oil spill selezionato è MEDSLIK-II che rappresenta lo stato dell'arte della modellistica di idrocarburi in mare. MEDSLIK-II è un modello open and free documentato e al centro di numerose pubblicazioni scientifiche su riviste scientifiche internazionali. Il modello MEDSLIK-II è mantenuto da un consorzio di istituti italiani e internazionali. Il modello e le informazioni con casi studio sono disponibili al sito <https://medslik-ii.org>

MEDSLIK-II simula il trasporto della chiazza di petrolio in superficie e in profondità, influenzata dalle correnti d'acqua e dal vento. Le particelle di petrolio sono anche disperse da componenti di fluttuazione turbolenta, parametrizzate con uno schema di random walk. Il modello avrà anche una componente per simulare le dispersioni di idrocarburi dal conduttore sul fondo del mare o da navi affondate.

Oltre agli spostamenti advettivi e diffusivi, le particelle di fuoriuscita di petrolio cambiano a causa di vari processi fisici e chimici che trasformano il petrolio (evaporazione, emulsificazione, dispersione nella colonna d'acqua, adesione alla costa). Il Modello di oil spill utilizza i forzanti meteo-oceanografici per avere una rappresentazione adeguata delle correnti ad alta frequenza e dei campi di vento negli elementi advettivi del modello di traiettoria lagrangiana, l'introduzione della velocità di deriva di Stokes e il collegamento con i dati di rilevamento da satellite ottenuti dal modulo di detection.

I forzanti oceanografici dovranno inizialmente essere quelli del Copernicus Marine Service o modelli costieri 3D annidati in Copernicus a più alta risoluzione anche a griglia non strutturata. In seguito verranno integrati i sistemi di previsioni forniti dal progetto MER non appena disponibili.

Per i forzanti meteo si potranno utilizzare i forzanti del Centro Europeo ECMWF e in aggiunta modelli operativi a più alta risoluzione dell'Aeronautica Militare o di altri Enti Meteo.

- **Parametri:**

- Tempo iniziale di simulazione e durata
- Tempo stimato dello sversamento
- Tipologia di idrocarburo. Tale tipologia determina anche i parametri usati dal modello per simulare come gli idrocarburi fuorusciti cambieranno chimicamente e fisicamente durante la loro permanenza in acqua.
- Coefficiente di diffusione iniziale e re inizializzazione del coefficiente dopo l'acquisizione dei overflight data
- Quantità di idrocarburo sversato (densità e massa) e profondità
- Parametri di incertezza ("uncertainties"):
 - Tempo iniziale = tempo in cui le velocità (vento, corrente) diventano incerte.
 - Durata = durata temporale prima del ripristino del parametro di incertezza di una particella lagrangiana (rappresentazione degli inquinanti petroliferi).
 - Parametri di incertezza delle correnti
 - Parametri di incertezza del vento (e.g. Speed Scale incertezza nella velocità e Angle Scale incertezza nella direzione del vento).

- **Input:**

- Area di sversamento degli idrocarburi iniziale come determinata dall'applicativo Oil Slick Detection.
- Area di sversamento degli idrocarburi in corrispondenza dei dati overflight come determinata dall'applicativo Oil Slick Detection per la calibrazione del modello di diffusione degli sversamenti di idrocarburi.

- **Flusso operativo:**

- Step 1: Configurazione del modello MEDSLIK-II
- Step 2: Import dei dati meteo e delle correnti
- Step 3: Esecuzione del modello previsionale in maniera batch dal sistema a partire dai dati di oil spill detection
- Step 4: Visualizzazione dei risultati di previsione per lo scenario più probabile che per scenari con livello di confidenza inferiore

- Step 5: includere i dati dell'oil spill detection acquisiti ad un tempo successivo (i.e. overflight data) in MEDSLIK-II.
- Step 6: Ripetere Step 3-5 per calibrare il sistema per tutte le osservazioni overflight disponibili.
- **Output:** File georeferenziati delle mappe degli sversamenti di idrocarburi previsti in orari specifici. Queste informazioni possono quindi essere utilizzate da vari programmi GIS o post-elaborate per fornire i contorni della distribuzione del petrolio. Le mappe di sversamento si riferiscono sia allo scenario più probabile che per scenari con livello di confidenza inferiore.
- **Complessità computazionale:** questa può essere media/elevata ma questo dipende molto dalla dimensione della chiazza di sversamento da simulare e dall'intervallo di tempo di previsione.
- **Utilizzo:** Il modello MEDSLIK-II è sviluppato e distribuito da un consorzio internazionale di istituti di ricerca e stakeholders (incluso istituti italiani fra i quali il coordinatore CMCC, UNIBO, CNR, ARPAE) ed è molto diffuso e usato in molti contesti con differenti livelli di operatività.
- **Grado di Maturità:** Consolidato.

1.6.6 Interazione tra Algoritmi e Modelli

La Mask R-CNN e YOLO sono architetture di reti neurali, e fanno parte delle metodologie di deep learning. La loro applicazione allo specifico problema è preceduta da una fase di adattamento dell'architettura al dato, ai suoi metadati e al tipo di output richiesto. Sarà studiata una possibile customizzazione degli algoritmi in base alle criticità riscontrate.

1.6.7 Analisi della Complessità Computazionale

La complessità e i tempi di esecuzione della Mask-RCNN e YOLO dipendono molto dalla grandezza dei dataset, dalla grandezza degli input e da come vengono settati i vari iperparametri. Nonostante questo, i modelli sono scalabili poiché l'addestramento di questi vengono fatti offline, di conseguenza, non condizionano i tempi e la complessità della predizione.

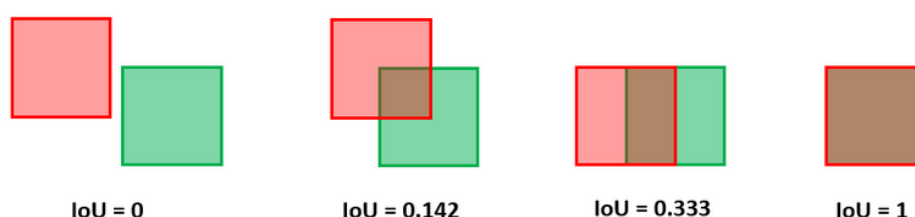
L'uso di hardware specializzato (GPU) influenza drasticamente la complessità di tempo degli algoritmi, inoltre il vantaggio del calcolo su GPU rispetto alla CPU è maggiore in fase di addestramento dei modelli piuttosto che in fase di inferenza, come conseguenza del numero superiore di operazioni da eseguire e della necessità di analizzare un grande numero di immagini.

MEDSLIK-II simula la propagazione della fuoriuscita di petrolio nell'oceano sulla base di un insieme di traiettorie di particelle *i*. La complessità computazionale in una data simulazione MEDSLIK-II è proporzionale al numero totale di particelle e di step temporali della simulazione che dipende dall'intervallo complessivo di simulazione.

1.6.8 Misure di Validazione e Verifica

La validazione dei modelli relativi all'**Oil Slick Detection** viene effettuata tramite metriche standard per tasks di object detection, come il COCO Evaluator. Questo evaluator calcola la mean Average Precision (mAP), ovvero la media aritmetica dell'Average Precision (AP) per aggregare i risultati su più classi o categorie di oggetti, fornendo una valutazione complessiva delle prestazioni del modello.

L'Average Precision (AP) è l'area sottesa dalla curva Precision-Recall, dove Precision è la percentuale di oggetti rilevati dal modello che sono effettivamente oggetti veri positivi (ovvero oggetti correttamente identificati), mentre la Recall è la percentuale di tutti gli oggetti d'interesse presenti nel dataset che sono stati correttamente identificati dal modello. Per valutare l'accuratezza di una predictions viene utilizzata la Intersection over Union (IoU), metrica che quantifica la sovrapposizione tra la bounding box predetta dal modello e la Ground Truth, come mostrato nella figura seguente. Le predictions sono valutate per diverse IoU.



Una verifica dei modelli per **Oil Drift** può essere condotta confrontando le mappe di sversamenti di idrocarburi previste ad una certa data con il risultato dell'Oil Spill Detection alla stessa data-ora determinata da specifiche immagini SAR. Tale confronto ripetuto a differenti intervalli di propagazione potrà permettere di valutare anche l'attendibilità delle previsioni in base ai dati meteo marini e di circolazione marina utilizzati.

Documentazione e Risorse

- Paper ufficiale spiegazione Mask-RCNN: [\[1703.06870\] Mask R-CNN \(arxiv.org\)](#)
- Per l'implementazione di reti neurali per il task di Instance Segmentation si può utilizzare il framework detectron2 [GitHub - facebookresearch/detectron2: Detectron2 is a platform for object detection, segmentation and other visual recognition tasks.](#)
- Paper ufficiale YOLO: [1506.02640.pdf \(arxiv.org\)](#).
- Progetto ufficiale YOLO: [YOLO: Real-Time Object Detection \(pjreddie.com\)](#)
- Informazioni riguardo il modello MEDSLIK-II sono raccolte in: <http://www.medslik-ii.org/>

1.7 Dati di output

1.7.1 Introduzione

L'applicativo di Oil Slick Detection produce degli output delle elaborazioni effettuate sui dati di input, dalle interazioni con gli utenti e con gli altri sistemi integrati. Tali dati sono costituiti da:

- Notifica rilevamento Oil Slick
- Evento di Oil Slick composto da:
 - Un coefficiente di attendibilità di tale evento
 - Perimetro della/e chiazze degli sversamenti determinati dal sistema

- Immagini SAR relative.

La soluzione di accesso è tipicamente l'Interfaccia operativa, con una modalità di accesso online e con frequenza di aggiornamento Near Real Time.

L'applicativo di Oil Slick Drift produrrà mappe di previsione di evoluzione della chiazza di Oil Slick con orizzonte temporale fino a 10 giorni.

Le mappe previsionali saranno costituite da:

- Stima delle aree della/e chiazze degli sversamenti corrispondente alla previsione dello scenario a differenti livelli di confidenza ad un tempo successivo rispetto al perimetro determinato dall'applicativo Oil Slick Detection;
- Stima del della/e chiazze degli sversamenti corrispondente alla previsione dello scenario più probabile ad un tempo successivo rispetto al perimetro determinato dall'applicativo Oil Slick Detection.

La soluzione di accesso è tipicamente l'Interfaccia operativa che permette di visualizzare l'output dei modelli previsionali su cartografia web-GIS. La modalità di accesso è quindi di tipo online e con frequenza di aggiornamento tipica di 6 ore.

1.7.2 Elenco Dati di Output

| ID | Descrizione | Proprietà dei Dati (owner) | Soluzioni per l'Accesso ai Dati | Frequenza di Aggiornamento | Caratteristiche Sensibilità Dato | Criticità |
|--------------|--|----------------------------|---------------------------------|---|----------------------------------|-----------|
| V3AP03_DO001 | Notifica rilevamento Oil Slick/anomalia in acque di strato | SIM | Online | Near Real Time | Unclassified data | N/A |
| V3AP03_DO002 | Evento di Oil Slick/ anomalia in acque di strato | SIM | Online | Near Real Time | Unclassified data | N/A |
| V3AP03_DO003 | Mappe di previsione | SIM | Online | orizzonte temporale 10 gg e frequenza aggiornamento 6 ore | Unclassified data | N/A |

| ID | Descrizione | Proprietà dei Dati (owner) | Soluzioni per l'Accesso ai Dati | Frequenza di Aggiornamento | Caratteristiche Sensibilità Dato | Criticità |
|--------------|--|----------------------------|---------------------------------|---|----------------------------------|-----------|
| V3AP03_DO004 | Mappe di previsione scenario più probabile | SIM | Online | orizzonte temporale 10 gg e frequenza aggiornamento 6 ore | Unclassified data | N/A |
| V3AP03_DO005 | Mappe di previsione di ensemble | SIM | Online | orizzonte temporale 10 gg e frequenza aggiornamento da approfondire | Unclassified data | N/A |

Notifica rilevamento evento.

Le notifiche di rilevamento di eventi di Oil Slick o anomalia in acque di strato sono dati generati dall'applicativo e di proprietà del servizio SIM. I messaggi di notifica contengono tutte le informazioni utili relative all'evento.

La modalità di accesso di tali notifiche è online. La piattaforma permetterà all'utente di visualizzare sia le notifiche di rilevamento di eventi correnti che lo storico di tali notifiche. Inoltre, è previsto l'invio per e-mail di una notifica.

Le notifiche di rilevamento di Oli Slick sono aggiornate non appena sono stati rilevati eventi in maniera automatica dagli algoritmi di Oil Slick detection.

Le notifiche saranno mostrate attraverso una interfaccia operativa, che conterrà:

- Data e ora della rilevazione
- Coefficiente di attendibilità
- Stima da satellite dell'estensione dello sversamento
- Link alla immagine o immagini satellitari che hanno portato alla detection
- Link all'immagine output dell'algoritmo di classificazione (ML/AI)
- Quicklook (da valutare se fattibile).

Sarà configurato il server di posta elettronica (SMTP) per invio automatico dei messaggi.

Evento.

Gli eventi di Oil Slick o anomalia delle acque di strato sono dati generati dall'applicativo e sono di proprietà del servizio SIM. L'evento viene visualizzato su interfaccia operativa.

La modalità di accesso di tali informazioni è online. La piattaforma permetterà all'utente di visualizzare sia l'evento corrente che lo storico di tali eventi.

Gli eventi di Oil Slick sono aggiornati non appena sono stati rilevati in maniera automatica dagli algoritmi di Oil Slick detection.

In caso di evento di Oil Slick, su interfaccia operativa vengono visualizzate:

- l'immagine satellitare prima dell'evento
- l'immagine satellitare dopo l'evento
- l'output dell'algoritmo di classificazione (ML/AI)
- coefficiente di attendibilità
- la posizione, il perimetro e l'estensione della chiazza in mare.

La visualizzazione cartografica è implementata sfruttando le librerie web-GIS del sistema.

Mappe di previsione.

Le mappe di previsione degli sversamenti di idrocarburi a differenti intervalli temporali sono dati generati dall'applicativo e sono di proprietà del servizio SIM.

La modalità di accesso di tali mappe è online. La piattaforma permetterà all'utente di visualizzare sia le mappe di previsione degli sversamenti corrispondente all'ultimo aggiornamento che lo storico di tali mappe di previsione.

Le mappe di previsione sono aggiornate con un tempo configurabile ma che tipicamente è stato fissato a 6 ore.

Le mappe di previsione generate dal modello di evoluzione saranno mostrate su un'interfaccia operativa attraverso una cartografia web-GIS e conterranno le seguenti informazioni:

- Data e ora della previsione
- Insieme di livelli di confidenza calcolati
- Stima dell'estensione dello sversamento per ogni livello di confidenza calcolato

L'estensione degli sversamenti corrispondenti ai diversi livelli di confidenza sarà mostrata sulla mappa web-GIS su layer separati con differenti colori.

L'interfaccia operativa permetterà inoltre di ricercare lo storico delle mappe di previsione nell'archivio del sistema.

Mappe di previsione scenario più probabile.

Le mappe di previsione dello scenario più probabile (best guess) degli sversamenti di idrocarburi a differenti intervalli temporali sono dati generati dall'applicativo e sono di proprietà del servizio SIM.

La modalità di accesso di tali mappe è online. La piattaforma permetterà all'utente di visualizzare sia le mappe di previsione degli sversamenti corrispondente all'ultimo aggiornamento che lo storico di tali mappe di previsione.

Le mappe di previsione dello scenario più probabile (best guess) sono aggiornate con un tempo configurabile ma che tipicamente è stato fissato a 6 ore.

Le mappe di previsione dello scenario più probabile (best guess) conterranno le seguenti informazioni:

- Data e ora della previsione
- Stima dell'estensione dello sversamento corrispondente al massimo livello di confidenza

L'interfaccia operativa permetterà inoltre di ricercare lo storico delle mappe di previsione dello scenario più probabile nell'archivio del sistema.

Mappe di previsione di ensemble.

Le mappe di previsione di ensemble sono ottenute a partire da condizioni iniziali leggermente diverse (perturbazioni), da dati meteo/meteo-marini (wind speed) e dati idrodinamici (correnti marine) provenienti da fonti differenti o da modelli previsionali diversi.

Oltre a MEDSLIK-II descritto nella sezione precedente, verrà usato anche OpenDrift.

OpenDrift è uno strumento open source per modellare le traiettorie di particelle o sostanze (elementi lagrangiani) alla deriva nell'oceano o anche nell'atmosfera. Il software è stato sviluppato presso l'Istituto meteorologico norvegese in collaborazione con l'Istituto di ricerca marina. OpenDrift è un framework generico scritto in Python ed è liberamente disponibile (Open Source).