



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

Progetto Esecutivo

ALLEGATO _V3_C.U.3.1

Monitoraggio di oil slick



**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. V3.1 – Monitoraggio di oil slick.....	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.....	5
1.1.4.1	Dati Satellitari	6
1.1.4.2	Modelli ML/IA (Machine Learning / Intelligenza Artificiale)	7
1.1.5	Benefici Attesi.....	8
1.1.6	Vincoli e Limitazioni.....	9
1.1.7	Stakeholders Coinvolti	9
1.1.8	Conclusione e Riepilogo.....	9
1.2	Requisiti funzionali.....	9
1.2.1	Elenco dei Requisiti Funzionali.....	10
1.2.2	Requisiti non Funzionali Correlati	21
1.2.3	Vincoli e Limitazioni.....	22
1.3	Architettura logico-applicativa del sistema.....	22
1.3.1	Requisiti Non-Funzionali	22
1.3.2	Diagramma Architetture.....	23
1.3.3	Piattaforme SIM utilizzate.....	26
1.4	Dati di input.....	30
1.4.1	Introduzione ai Dati di Input.....	30
1.4.2	Catalogo delle Fonti di Dati.....	31
1.4.3	Specifiche di Contenuto	34
1.5	Sistemi federati	36
1.5.1	Introduzione ai Sistemi Federati.....	36
1.5.2	Elenco dei Sistemi Federati.....	36

1.6	Funzioni, Algoritmi e Modelli	39
1.6.1	Introduzione e Panorama Generale.....	39
1.6.2	Criteri di Selezione.....	43
1.6.3	Tipologie di Funzioni Applicative	43
1.6.4	Dettagli sugli Algoritmi	43
1.6.5	Dettagli sui Modelli	46
1.6.6	Interazione tra Algoritmi e Modelli.....	48
1.6.7	Analisi della Complessità Computazionale	48
1.6.8	Casistica di Utilizzo	48
1.6.9	Misure di Validazione e Verifica	49
1.7	Dati di output.....	50
1.7.1	Introduzione.....	50
1.7.2	Elenco Dati di Output	50

1 CU. V3.1 – Monitoraggio di oil slick

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 aumentato costantemente negli ultimi 30 anni.

Le cause principali di sversamenti di idrocarburi in mare sono riconducibili ad attività lecite o illecite nel trasporto di idrocarburi, alle attività estrattive e discariche illecite, ai gravi incidenti. Esiste anche una forma di "inquinamento marino" da idrocarburi dovuta ad eventi naturali (Natural Seepage).

La direttiva comunitaria Marine Strategy, che ha come obiettivo la salvaguardia dell'ecosistema marino, dispone che gli stati membri devono attivare un sistema di monitoraggio della qualità delle acque marine costiere al fine di definire lo stato qualitativo e monitorare l'efficacia delle misure messe in atto per la loro tutela.

Gli utenti dell'applicativo sono Guardia Costiera, MASE, la protezione Civile, Ispra, le ARPA e il sistema SNPA e gli utenti di ricerca in questo ambito potenzialmente interessati allo sviluppo, validazione e rilascio di nuovi modelli, tra i quali CNR, CMCC, ENEA e le università.

1.1.2 Scopo Generale

Lo scopo principale del servizio è quello di fornire un monitoraggio continuo della fascia costiera italiana fino alle acque territoriali, rilevare in tempo quasi reale possibili sversamenti di idrocarburi (oil slick) e, in questo caso, generare notifiche automatiche. L'applicativo consentirà di correlare l'evento Oil Slick con le navi rilevate da satellite e le informazioni disponibili AIS, per individuare la presenza di eventuali navi in zona non cooperanti e possibili responsabili dello sversamento.

1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave

L'esigenza principale, nell'eventualità di sversamento di idrocarburi in mare, è quella di individuare il prima possibile il punto dello sversamento, avere una prima stima dell'area interessata da indicare ad autorità ed enti competenti affinché vengano attivate tempestivamente le misure di contenimento. Occorre inoltre monitorare lo sversamento identificato nel tempo e monitorare eventuali incidenti in mare che abbiano come conseguenze fuoriuscite di idrocarburi.

1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati

Tematica	Obiettivo
Dati Satellitari	Acquisizione immagini radar e ottiche
Modelli ML/IA	Implementazione e aggiornamento modelli di ML/IA per rilevamento sversamento di idrocarburi

1.1.4.1 Dati Satellitari

Al fine di rilevare eventuali sversamenti di idrocarburi in mare è necessario acquisire e processare immagini radar ad alta risoluzione provenienti giornalmente da satelliti di tipologia SAR (Synthetic Aperture Radar – Radar ad Apertura Sintetica) e ottici. Le seguenti fonti di dati sono solo alcune delle possibili fonti utilizzabili come dati di input per l'applicativo:

- Copernicus
- COSMO-SkyMed
- IRIDE
- ESA Third Party missions (satelliti commerciali)

Per l'utilizzo di ESA Third Party missions è fondamentale considerare eventuali limitazioni dovute a quote di dati disponibili per i progetti di sviluppo applicazioni.

Un flusso continuo di dati satellitari (e.g. dati SAR in banda C) sarà acquisito nel sistema SIM e verranno sistematicamente pre-elaborati allo scopo di fornire un base di dati armonizzata per l'esecuzione automatica dei modelli ML/AI (Machine Learning / Intelligenza Artificiale) di Oil Slick detection.

L'operatore, nelle configurazioni iniziali, potrà:

- scegliere da quale satellite acquisire le immagini, selezionare la distanza dalla costa in miglia nautiche per definire l'area da monitorare, selezionare la risoluzione delle immagini (Ground Range Resolution), selezionare aree di particolare interesse (porti, piattaforme...) dove acquisire immagini a più alta risoluzione.

L'utilizzo di immagini satellitari (in particolare SAR) per la detection di eventi Oil Spill è ormai un metodo piuttosto consolidato, e le moderne tecniche di rilevazione basate su algoritmi ML/AI consentono di ottenere risultati sempre più accurati. La seguente figura mostra un evento di Oil Slick dovuto probabilmente ad uno sversamento da nave, in un'immagine SAR.



Al fine di supportare la rilevazione di navi che hanno causato lo sversamento (es. lavando le cisterne interne con acqua marina e sversandola nuovamente in mare dopo il lavaggio), si prevede l'utilizzo anche dei dati AIS dedicati al tracciamento delle navi di grande dimensione.

1.1.4.2 Modelli ML/IA (Machine Learning / Intelligenza Artificiale)

L'attività relativa alla realizzazione dell'Applicativo 3.1 non prevede lo sviluppo di nuovi modelli ML/AI. Saranno integrati e addestrati modelli esistenti e già consolidati la cui efficacia ed affidabilità siano state dimostrate in pubblicazioni scientifiche o lavori di ricerca. Eventuali sviluppi saranno focalizzati sull'implementazione di una o più catene di processamento (workflow) per l'elaborazione dei dati satellitari al fine di ottenere le detection. Allo scopo di aumentare le potenzialità della detection, l'applicativo potrà ospitare, quando saranno disponibili, i dati elaborati IRIDE ottenuti con modelli definiti e sviluppati nell'ambito del progetto IRIDE stesso.

Inoltre, come verrà ulteriormente descritto nei requisiti funzionali, l'applicativo 3.1 metterà a disposizione di ricercatori e sviluppatori (utenti esperti di dominio) un'interfaccia per il training e la configurazione dei modelli esistenti nonché lo sviluppo, la validazione e il rilascio di nuovi modelli.

Sono state identificate due categorie di fuoriuscite di petrolio: macro-sversamenti di petrolio, causati principalmente da disastri di navi e pozzi di estrazione di petrolio e micro-sversamenti di petrolio, dovuti a scarichi dai serbatoi delle navi. Queste fuoriuscite di petrolio provocano inquinamento dell'acqua, inquinamento del litorale, della vegetazione costiera, delle spiagge, degrado dell'habitat degli invertebrati marini, oliatura e soffocamento degli individui, interruzione della rete alimentare, tossicità degli organismi e squilibrio ecologico.

Gli effetti delle fuoriuscite di petrolio sono ulteriormente aggravati talvolta dalla difficoltà da parte delle squadre di intervento ad identificare rapidamente la fonte della fuoriuscita, oltre alla latenza dovuta al processamento di un numero sempre crescente di immagini satellitari. In passato, i metodi tradizionali di monitoraggio in loco erano importanti per identificare le fuoriuscite di petrolio, ma questo approccio

comportava rischi diversi, che andavano dal contatto diretto con il petrolio ad altri pericoli del sito. Di conseguenza sono stati introdotti in seguito sistemi di sorveglianza del mare che includevano aerei e forze di guardia costiera che, sebbene efficaci, hanno un costo elevato ([A novel deep learning instance segmentation model for automated marine oil spill detection](#)).

Considerando queste limitazioni, le tecnologie di telerilevamento <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/remote-sensing-technology> appaiono più promettenti, soprattutto perché possono essere implementate in qualsiasi momento <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271620301982#b0310>. Gli effetti delle fuoriuscite di petrolio sono ulteriormente aggravati talvolta dalla difficoltà da parte delle squadre di intervento ad identificare rapidamente la fonte della fuoriuscita, oltre alla latenza dovuta al processamento di un numero sempre crescente di immagini satellitari. In passato, i metodi tradizionali di monitoraggio in loco erano importanti per identificare le fuoriuscite di petrolio, ma questo approccio comportava rischi diversi, che andavano dal contatto diretto con il petrolio ad altri pericoli del sito. Di conseguenza sono stati introdotti in seguito sistemi di sorveglianza del mare che includevano aerei e forze di guardia costiera che, sebbene efficaci, hanno un costo elevato.

Considerando queste limitazioni, le tecnologie di telerilevamento appaiono più promettenti, soprattutto perché possono essere implementate in qualsiasi momento. Inoltre, le tecniche di telerilevamento satellitare comportano un rischio o nullo di contatto diretto con l'olio.

Il sistema proposto dovrà ospitare algoritmi di ML/AI in grado di acquisire e processare la moltitudine di dati satellitari SAR e ottici. I modelli saranno istruiti affinché possano rilevare in tempo quasi reale un possibile sversamento producendo notifiche con relativa posizione e perimetro, fornendo anche un coefficiente di attendibilità.

Sarà configurata anche un'interfaccia di sviluppo, per gli utenti specializzati, tramite la quale sarà possibile eseguire il training dei modelli in modo tale da farli evolvere ed aumentarne l'attendibilità del rilevamento.

1.1.5 Benefici Attesi

Il sistema, in tempo quasi reale, produrrà delle notifiche su interfaccia operativa e via e-mail fornendo posizione e perimetro dello sversamento di idrocarburi e un coefficiente di attendibilità del rilevamento automatico.

L'utente stesso potrà inviare posizione e notifica agli enti preposti a gestire la criticità in modo che si possano organizzare le operazioni necessarie tempestivamente e limitare così al minimo gli impatti sull'habitat marino.

Il servizio si rivolge ad un'utenza operativa con compiti di monitoraggio dell'inquinamento marino e costiero (tra i quali Guardia Costiera) ma offre anche funzionalità di sviluppo per ricercatori o utenti esperti di ML/AI.

1.1.6 Vincoli e Limitazioni

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

1.1.7 Stakeholders Coinvolti

I principali stakeholder coinvolti sono MASE, ISPRA e SNPA, Guardia Costiera e Protezione Civile che, tramite un'interfaccia grafica, saranno in grado di monitorare eventuali sversamenti.

Gli stakeholder sono anche utenti del sistema e possono essere profilati con ruoli diversi.

Saranno profilati anche utenti esperti per il mantenimento e l'aggiornamento dei modelli di Machine Learning utilizzati dal sistema per il rilevamento automatico di Oil Slick.

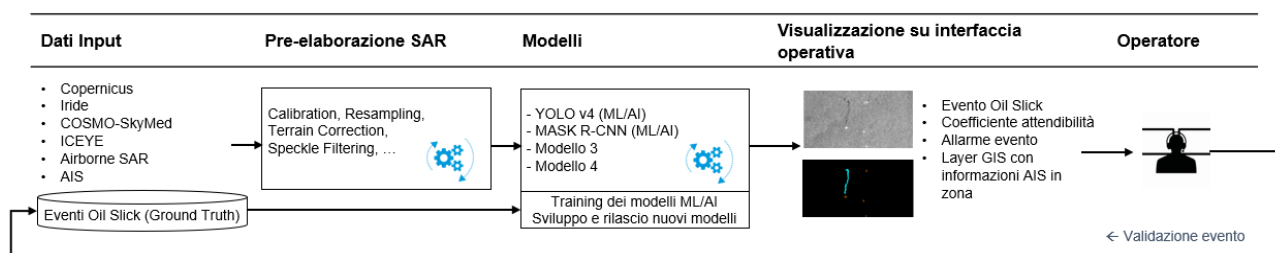
1.1.8 Conclusione e Riepilogo

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

1.2 Requisiti funzionali

Prima di presentare in dettaglio i requisiti funzionali è utile fornire una panoramica generale sull'applicativo. La figura seguente mostra ad alto livello il workflow logico dell'applicativo e mette in evidenza gli step principali.

Figure 1-1: Workflow logico-funzionale dell'applicativo 3.1.



L'applicativo prende in input un flusso continuo di dati SAR da satelliti (anche dati SAR da aerei) e dati AIS acquisiti sistematicamente lungo la fascia costiera italiana. Successivamente viene eseguita una pre-elaborazione automatica dei dati in input per la generazione di un dataset armonizzato di dati SAR (Analysis Ready Data). Lo step successivo esegue uno o più modelli di Machine Learning / Artificial Intelligence per la rilevazione automatica di eventi Oil Slick e di navi, mettendo insieme le informazioni ottenibili da satellite con quelle provenienti dai dati AIS per produrre 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 di evento e potrà visualizzare (i) l'evento, (ii) il coefficiente di attendibilità e (iii) un layer cartografico GIS con le informazioni AIS correlate, ossia le imbarcazioni, sia cooperanti (che trasmettono AIS) che non cooperanti (senza trasmissione AIS), presenti in zona in una finestra temporale configurabile. L'operatore inoltre può validare l'evento che verrà automaticamente aggiunto al Database di eventi Oil Slick – 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 attività necessarie per il training e lo sviluppo dei modelli.

1.2.1 Elenco dei Requisiti Funzionali

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
V3AP01_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
V3AP01_RF002	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
V3AP01_RF003	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
V3AP01_RF004	Modalità di acquisizione	Lettura del valore del parametro per costruzione della query	Query sui cataloghi federati tenendo conto del valore del parametro
V3AP01_RF005	Ground Range Resolution	Lettura del valore del parametro per costruzione della query	Query sui cataloghi federati tenendo conto del valore del parametro
V3AP01_RF006	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

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
			parametri dei modelli, lanciare training dei modelli e selezionare il modello operativo
V3AP01_RF007	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
V3AP01_RF008	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
V3AP01_RF009	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
V3AP01_RF010	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
V3AP01_RF011	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
V3AP01_RF012	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
V3AP01_RF013	Rilevamento navi da immagini satellitari	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 V3AP01_RF001 – Rilevamento Near-Real-Time di sversamenti idrocarburi in mare lungo la fascia costiera italiana.

Questo è un requisito che descrive lo scopo generale dell'applicativo V3.1. Il requisito non entra nel dettaglio delle specifiche funzionalità attese che saranno invece analizzate nei requisiti successivi.

Per frequenza giornaliera si intende la possibilità di avere almeno un'immagine satellitare al giorno 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 due costellazioni NIMBUS SAR e NOX SAR 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 ogni 48 ore. Resta inteso che al momento non ci sono elementi sufficienti per poter definire lo 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	V3AP01_RF001
Area	Rilevamento Near-Real-Time di sversamenti idrocarburi in mare lungo la fascia costiera italiana
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</p>

CODICE WBS	V3AP01_RF001
	nel sistema delle catene di pre-elaborazione (costituite da moduli eventualmente configurabili), nonché lo sviluppo ed integrazione dei modelli di Machine Learning/Artificial Intelligence. Maggiori dettagli su questi aspetti saranno forniti nelle sezioni dedicate di questo documento (Sez. 6-7-8).
Presupposti e Vincoli	Il presupposto principale è la disponibilità di acquisizioni immagini SAR satellitari con copertura e frequenza adeguate allo scopo dell'applicativo.
Deliverables	Applicativo 3.1 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.

Requisito Funzionale V3AP01_RF002 – 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	V3AP01_RF002
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	
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

CODICE WBS	V3AP01_RF002
	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 V3AP01_RF003 – Definizione aree di particolare interesse per esecuzione On-Demand

L'applicativo permette di selezionare aree di particolare interesse (per es., porti, piattaforme petrolifere, zone di mare limitate) dove acquisire immagini a più alta risoluzione. Questa funzionalità può essere attivata On-Demand ed è utile nei casi in cui si voglia seguire l'evoluzione di uno sversamento già rilevato dal monitoraggio sistematico.

CODICE WBS	V3AP01_RF003
Area	Definizione aree di particolare interesse per esecuzione On-Demand
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). Saranno implementate catene di ingestione e processamento dedicate ai dati SAR a più alta risoluzione.
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. Controllo dei risultati circa la correttezza delle aree selezionate e la risoluzione dei dati usati.

Requisito Funzionale V3AP01_RF004 – 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	V3AP01_RF004
Area	Modalità di acquisizione
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 V3AP01_RF005 – Ground Range Resolution

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

CODICE WBS	V3AP01_RF005
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 SAR 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)

CODICE WBS	V3AP01_RF005
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 V3AP01_RF006 – 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	V3AP01_RF006
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 V3AP01_RF007 – 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	V3AP01_RF007
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 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 V3AP01_RF008 – Coefficiente di attendibilità

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

CODICE WBS	V3AP01_RF008
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
Deliverables	Coefficiente di attendibilità affidabile
Criteri di accettazione	La verifica del requisito si basa sul controllo che:

CODICE WBS	V3AP01_RF008
	<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 V3AP01_RF009 – Invio messaggio di notifica

L'applicativo deve inviare un messaggio di notifica all'operatore in caso di rilevazione di Oil Slick. Il sistema SIM (per il verticale 3) non genera notifiche dirette verso alcun Ente, ma semplici segnalazioni interne al Sistema SIM.

CODICE WBS	V3AP01_RF009
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 Data e ora della rilevazione Coefficiente di attendibilità Stima da satellite dell'estensione dello sversamento Link alla immagine o immagini SAR che hanno portato alla detection Link all'immagine output dell'algoritmo di classificazione (ML/AI) Quicklook (da valutare se fattibile) Informazioni circa la nave potenzialmente coinvolta come sorgente dello sversamento. Le informazioni trasmesse includono: posizione della nave, stima delle dimensioni, eventuale codice MMSI da AIS (assente nel caso di detection di imbarcazione non cooperante). <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

CODICE WBS	V3AP01_RF009
	informazioni presenti nella notifica su interfaccia ed inviate via e-mail sono corrette.

Requisito Funzionale V3AP01_RF010 – Validazione output

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

CODICE WBS	V3AP01_RF010
Area	Validazione output
Descrizione del lavoro	<p>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 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 V3AP01_RF011 – Visualizzazione output

L'applicativo deve consentire la visualizzazione dell'evento di Oil Slick su interfaccia operativa.

CODICE WBS	V3AP01_RF011
Area	Visualizzazione output
Descrizione del lavoro	<p>In caso di evento di Oil Slick, 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 tracce AIS • Posizione e caratterizzazione delle navi rilevate da satellite e fuse con le tracce AIS • Eventuale evidenza dell'imbarcazione potenziale origine dello sversamento <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>
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 V3AP01_RF012 – Correlazione con dati AIS

CODICE WBS	V3AP01_RF012
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.</p>

CODICE WBS	V3AP01_RF012
	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 mostrate le informazioni AIS relative. Allo scopo saranno implementati una o più funzioni Python per l'elaborazione e il filtraggio del flusso dati AIS.
Presupposti e Vincoli	Disponibilità dei dati AIS
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 V3AP01_RF013 – Rilevamento navi da immagini satellitari

CODICE WBS	V3AP01_RF013
Area	Rilevamento navi da immagini satellitari
Descrizione del lavoro	Implementazione di algoritmi e modelli per la rilevazione di navi da satellite. Saranno presi in considerazione algoritmi di AI per Object Detection da elaborazione di immagini SAR. In caso di evento Oil Slick, sarà possibile visualizzare oltre alle navi ottenute dai dati AIS anche le navi rilevate da satellite, in modo da evidenziare la presenza di navi o imbarcazioni non trasmettenti il segnale AIS.
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 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 messaggi di notifica, 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 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 su tutta la 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

N.A. (non applicabile)

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
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 richiedono
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 oppure per notificare l'individuazione dell'evento di oil spill.
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 Architettuale

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

L'accesso all'applicativo avviene tramite la piattaforma Digital Experience che consente di gestire l'interfaccia webGIS sui diversi device (pc o mobile) e di definire le regole di accesso in funzione delle classi di utenza definite nel SIM, quali: l'utenza di portale, l'utenza di geo processing e dell'utenza di monitoraggio. L'utente è in grado di visualizzare la mappa cartografica dell'Italia, di scegliere le immagini satellitari da sovrapporvi tramite layer e di selezionare la zona oggetto di indagine oil slick detection. Le immagini satellitari possono essere scelte in funzione delle loro caratteristiche attraverso il discovery and access broker GEO DAB del SIM.

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

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.

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.

La Intelligence Platform mette a disposizione strumenti di implementazione di modelli di intelligenza artificiale, nel caso specifico di modelli che rilevano la presenza di macchie oleose presenti nelle immagini satellitari. Questi modelli possono essere richiamati come servizi tramite request REST API da interfaccia utente. Nella piattaforma di intelligence è possibile disegnare workflow di elaborazione, nell'applicativo se ne identificano due principali, l'ingestion dei dati e l'esecuzione dei modelli AI/ML. I servizi di intelligence platform si occuperanno quindi 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 il modello AI/ML con i dati di input estratti. Al

termine inviano notifiche sull'esito della elaborazione e notifiche nel caso di rilevamento di chiazze di petrolio.

Se l'applicativo viene eseguito in modalità di monitoraggio, il modello oil spill detection viene rieseguito ciclicamente e in caso di rilevamento della chiazza d'olio viene inviata notifica. Le informazioni relative all'evento di macchia oleosa rilevata vengono memorizzate nel repository del SIM (RdS), successivamente questi eventi vengono validati e pubblicati tramite workflow implementati nella process platform e quindi resi disponibili per le applicazioni V3.2 e V3.3.

I servizi AI/ML dell'intelligence platform 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.

Il flusso dei dati avviene secondo le seguenti fasi principali:

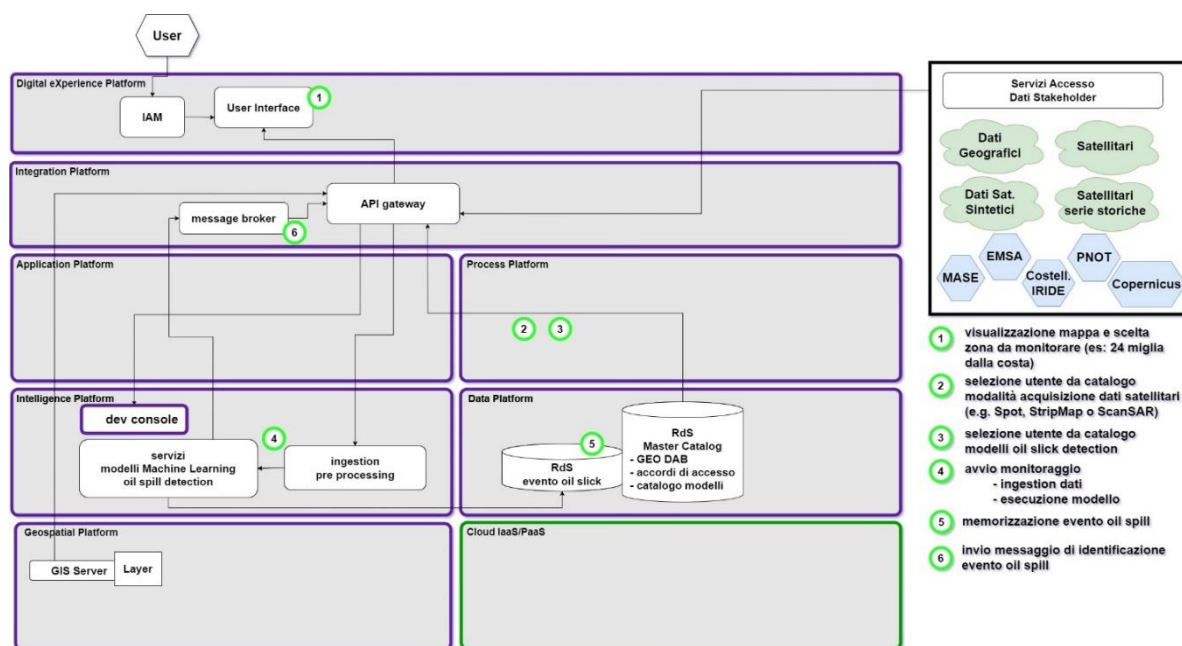
1. Caricamento su interfaccia utente webGIS delle mappe cartografiche disponibili tramite il GIS Server
2. Import dei dati satellitari nel perimetro della zona selezionata dall'utente e memorizzazione in aree di storage temporanee all'interno del SIM
3. Il servizio di AI/ML legge i dati memorizzati nelle aree temporanee al punto 2
4. Memorizzazione su repository del SIM (RdS) delle informazioni relative all'evento oil slick rilevato
5. creazione dei layer GIS contenenti le informazioni elaborate dai modelli AI/ML
6. Visualizzazione tramite interfaccia webGIS dei layer al punto 5

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 permette per la selezione della zona di interesse su mappa cartografica
- l'interfaccia webGIS richiede, tramite request al Master Catalog, la lista delle sorgenti a disposizione in modo che l'utente possa farne selezione
- l'interfaccia webGIS richiede, tramite request al Master Catalog, la lista dei modelli AI/ML a disposizione in modo che l'utente possa farne selezione
- l'utente, tramite interfaccia webGIS, avvia il processo di elaborazione del modello AI/ML esposto dalla intelligence platform finalizzato alla generazione del layer della immagine satellitare che evidenzia l'evento di oil slick
- I servizi della intelligence platform invocano la richiesta di estrazione e pre processamento dei dati satellitari SAR relativi all'area selezionata
- Nel caso di monitoraggio di una zona specifica, i servizi della intelligence platform rieseguo il oil spill detection ogni volta che i dati di input cambiano e memorizzano su database SQL e su piattaforma datalake l'evento oil slick in formato leggibile dal GIS Server
- I servizi della intelligence platform inviano un messaggio di notifica di esito dell'elaborazione oppure un messaggio di notifica nel caso di rilevamento della chiazza di petrolio verso il servizio message broker.

- I servizi della intelligence platform memorizzano le informazioni dell'evento rilevato nel database RdS

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 dei microservizi dei modelli di AI/ML implementati all'interno dell'Intelligence Platform che identificano la macchia di olio, vengono sviluppati tramite tool di sviluppo (es: Jupyter, Dataiku). Successivamente il codice viene versionato sul 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 slick detection. Quest'ultimi 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

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			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 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 devono essere normalizzate secondo uno schema comune prima di essere elaborate dai modelli di AI/ML
	Business Intelligence tools	NO	
	Metadata Management tools	SI	Le informazioni utili al reperimento delle immagini satellitari vengono inserite nel master catalog tramite tool di metadata management

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	Data Governance tools	SI	Le immagini satellitari devono essere sottoposte a trasformazioni preliminari che ne permetta l'utilizzo nei modelli AI/ML
	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 detection 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
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
	Data mapping and transformation	SI	Si esegue un controllo sintattico e semantico sui dati letti dagli stakeholder e applicata una prima fase di trasformazione in modo da omogeneizzare i dati in input alle elaborazioni successive
	Integration workflow automation	NO	
	API management	SI	L'applicativo implementa il routing delle richieste API tra le varie componenti delle piattaforme

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	API gateway	SI	Gestisce 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 mappe di output 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 e di quelle satellitari in un modello di coordinate di riferimento univoco
	Remote Sensing	SI	L'applicativo monitora i cambiamenti geospaziali delle coste marine
	GIS base services	SI	L'applicativo fornisce servizi e formati in standard OGC
	Spatial Analysis	SI	L'utente deve avere la possibilità di identificare e selezionare una zona di interesse sui layer dell'interfaccia webGIS predisposti per l'applicativo

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	Risk Assessment	SI	Tramite la visualizzazione delle immagini satellitari che riportano lo sversamento di macchie oleose, l'applicativo fornisce gli elementi per la valutazione dei rischi e per allertare una situazione di pericolo
	Predictive Modeling	NO	
	Climate Change Analysis	NO	
	Environmental Impact Assessment	SI	L'applicativo visualizza le immagini satellitari con situazioni anomale di sversamento di chiazze di petrolio
	Reporting and Visualization	SI	
	Historical Data Analysis	SI	Tramite questa capability l'applicativo permette delle analisi grafiche dei dati di serie storiche da utilizzare nel training dei modelli AI/ML
	Scenario Planning	NO	

1.4 Dati di input

1.4.1 Introduzione ai Dati di Input

I dati di input sono costituiti principalmente dai dati SAR acquisiti sull'area di interesse (fascia costiera italiana) detta anche "area di buffer" con la frequenza richiesta su cui eseguire gli algoritmi di Oil Spill e Ship Detection. Possono essere presi in considerazione anche dati satellitari Ottici (Multispettrale/Iperspettrale) come, ad esempio, i dati Sentinel-2, Landsat e Prisma. Se da un lato il dato Ottico ha alcune limitazioni intrinseche dovute alla copertura delle nuvole e alle acquisizioni possibili solo di giorno, l'utilizzo di questi dati satellitari in input consente di aumentare notevolmente la frequenza di aggiornamento.

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 Sentinel-1 banda C saranno considerati come dati baseline per implementare algoritmi e modelli di Machine Learning. La base di dati sarà poi estesa ad altri sensori per poter coprire l'area richiesta con la frequenza attesa.

I dati provenienti dai satelliti commerciali saranno particolarmente utili nel caso di monitoraggio on-demand su aree di particolare interesse (per es., porti, piattaforme petrolifere, zone di mare limitate) dove l'analisi potrà richiedere immagini a più alta risoluzione. Questa funzionalità è utile nei casi in cui si voglia 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 delle navi rilevate dal processamento dell'immagine satellitare e fuse con le tracce AIS relative alle imbarcazioni nella zona di interesse in una finestra temporale configurabile.

I parametri che definiscono l'area di buffer per l'analisi sistematica e 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 detection - Ground Truth
- Nuovi dati Oil Spill detection Validati
- Dati di simulazione generati in modo sintetico

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

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
V3AP01_DI001	Stream immagini SAR a frequenza	Federati	Online	Giornaliera	API	Unclassified sensitive data - soggetta ad eventuale classificazione	Finalità applicativa o di riferimento (Oil Slick detection)	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
	giornaliera					di riservatezza (shutter control)		
V3AP01_DI002	Stream immagini multi/iper-spetttrali	Federati	Online	Giornaliera	API	Unclassified sensitive data - soggetta ad eventuale classificazione di riservatezza (shutter control)	Finalità applicativo di riferimento (Oil Slick detection)	N/A
V3AP01_DI003	Integrazione futura con dati da IRIDE	Federati	Online	Giornaliera	API	Unclassified sensitive data - soggetta ad eventuale classificazione di riservatezza (shutter control)	Finalità applicativo di riferimento (Oil Slick detection)	N/A
V3AP01_DI004	Dati open source di training per modelli di Oil Spill detection	Open Source data	Online	Variabile	Interfaccia Sviluppo	Unclassified sensitive data	Finalità training modelli AI (Oil Slick detection)	N/A
V3AP01_DI005	Nuovi dati Oil Spill detection validati	Generati dal modello	Online	Variabile	Interfaccia Sviluppo	Unclassified sensitive data	Finalità training modelli AI (Oil Slick detection)	N/A
V3AP01_DI006	Dati di simulazione generati in modo sintetico	Generati dal modello	Online	Variabile	Interfaccia Sviluppo	Unclassified non-sensitive data	Finalità training modelli AI (Oil Slick detection)	N/A
V3AP01_DI007	Scelta del satellite da cui visualizzare	Input Manuale	Non Applicabile	On Demand	Interfaccia Operativa	Unclassified non-sensitive data	Configurazione applicativo (Oil Slick detection)	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
	immagini							
V3AP01_DI008	Scelta area di buffer	Input Manuale	Non Applicabile	On Demand	Interfaccia Operativa	Unclassified non-sensitive data	Configurazione applicativo (Oil Slick detection)	N/A
V3AP01_DI009	Scelta della risoluzione (Ground Range Resolution)	Input Manuale	Non Applicabile	On Demand	Interfaccia Operativa	Unclassified non-sensitive data	Configurazione applicativo (Oil Slick detection)	N/A
V3AP01_DI010	Definizione di aree di particolare interesse dove acquisire immagini a più alta risoluzione	Input Manuale	Non Applicabile	On Demand	Interfaccia Operativa	Unclassified sensitive data - soggetta ad eventuale classificazione di riservatezza (shutter control)	Configurazione applicativo (Oil Slick detection)	N/A
V3AP01_DI011	Dati AIS	Federati	Online	Periodico	API	Unclassified/Classified	Generazione di un layer aggiuntivo con le informazioni AIS delle imbarcazioni in caso di Oil Slick	N/A

1.4.3 Specifiche di Contenuto

ID	Specifiche di contenuto
V3A P01 _DI 001	<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>
V3A P01 _DI 002	<p>Per le modalità di accesso ai dati multispettrali Copernicus valgono le stesse considerazioni fatte per SAR Copernicus (vedi riga precedente).</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

ID	Specifiche di contenuto
V3A P01 _DI 003	<p>I dati che saranno prodotti dal sistema IRIDE sono di proprietà del Governo Italiano.</p> <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.</p> <p>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 3.1 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>
V3A P01 _DI 004	Dati open source di training per modelli di Oil Spill detection
V3A P01 _DI 005	Nuovi dati Oil Spill detection validati
V3A P01 _DI 006	Dati di simulazione generati in modo sintetico
V3A P01 _DI 007	Dati relativi al satellite da cui visualizzare le immagini
V3A P01 _DI 008	Dati relativi all'area in cui saranno eseguiti i processamenti
V3A P01 _DI 009	Dati relativi alla risoluzione spaziale dei sensori satellitari (Ground Range Resolution)
V3A P01 _DI 010	Dati relativi alle aree di particolare interesse dove acquisire immagini a più alta risoluzione

ID	Specifiche di contenuto
V3A P01 _DI 011	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.

In generale la logica nella selezione dei dati 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, Prisma, Landsat ed eventuali altri dati da missioni satellitari commerciali 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).

1.5 Sistemi federati

1.5.1 Introduzione ai Sistemi Federati

I sistemi che saranno federati nell'applicativo 3.1 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
V3AP01_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 la gestione dell'ESA – European Space Agency – e con il supporto dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI). Il sistema federato sarà il Marketplace di IRIDE.	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
V3AP01_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
V3AP01_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.	ASI / Ministero della Difesa	API/Offline	Unclassified sensitive/non-sensitive data
V3AP01_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	ASI	API/Offline	Unclassified sensitive/non-sensitive data

ID	Nome Sistema Federato	Descrizione Sis Fed	Proprietà del servizio (owner)	Modalità di Interazione	Caratteristiche Sensibilità Servizio
		media risoluzione sensibile a tutti i colori (pancromatica).			
V3AP01_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
V3AP01_SF006	Third party missions (commercial data)	Missioni ESA di terze parti	Third party / ESA	API/Offline	Unclassified sensitive/non-sensitive data
V3AP01_SF007	AIS	Sistema di Identificazione Automatica (AIS). L'AIS permette di visualizzare un insieme di informazioni riguardanti una data imbarcazione.	Comando Generale della Guardia Costiera	M2M	Unclassified sensitive/non-sensitive data

Sarà resa disponibile nell'applicativo una funzionalità per la consultazione e la ricerca di immagini su più cataloghi per massimizzare la frequenza e la copertura su un'area di interesse. Potranno essere implementate anche funzioni per la verifica in anticipo dei piani di acquisizione quando disponibili.

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.

Per i dati PRISMA e Landsat valgono considerazioni simili: in generale possiamo assumere i dati distribuiti come dati non classificati e non sensibili.

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. 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

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.

L'applicazione della tecnologia di telerilevamento per il rilevamento e il monitoraggio delle fuoriuscite di petrolio in mare è ben documentata in letteratura. Tra queste tecnologie il più diffuso è il SAR, grazie alla sua capacità di operare in qualsiasi condizione meteorologica e di illuminazione.

Con il vantaggio di un'ampia copertura e della capacità di monitoraggio notturno e durante il tempo nuvoloso, i prodotti SAR sono dunque particolarmente adatti per un sistema di rilevamento precoce. Le irregolarità nella superficie dell'acqua sono il fattore chiave nelle acquisizioni SAR per la ricezione dell'energia retrodiffusa. L'attrito indotto dal vento tra l'aria e la superficie dell'acqua genera increspature nell'intervallo di millimetri in centimetri (Woodhouse 2006). Le fuoriuscite di petrolio smorzano queste increspature provocando una riduzione della retrodiffusione radar, con conseguenti formazioni di aree scure in contrasto con la superficie del mare circostante (Pavlakakis, Tarchi e Sieber 2001). Tuttavia, ci sono molti altri fenomeni che possono manifestarsi come regioni scure nell'immagine radar, tra queste:

- Zone con bassa ventosità;
- Pellicole di origine organica,
- Fronti d'onda,
- Celle di pioggia,
- Onde interne,
- Risalite e vortici.
- Fioriture algali

È necessario quindi poter distinguere gli sversamenti di petrolio da questi “falsi positivi”.

La procedura generale per rilevare le fuoriuscite di petrolio include quindi la segmentazione delle macchie scure, “feature extraction” e classificazione. Le aree scure sulle immagini SAR verranno prima separate dalla regione circostante, successivamente saranno estratte le features per ognuna delle aree utilizzate per identificare/classificare le fuoriuscite di petrolio.

Le features comunemente utilizzate per identificare le fuoriuscite di petrolio sono statistiche, geometriche, strutturali, contestuali e polarimetriche del dato SAR. Ogni chiazza individuata viene quindi classificata sulla base delle caratteristiche estratte con un approccio probabilistico come possibile sversamento di petrolio o oggetto simile.

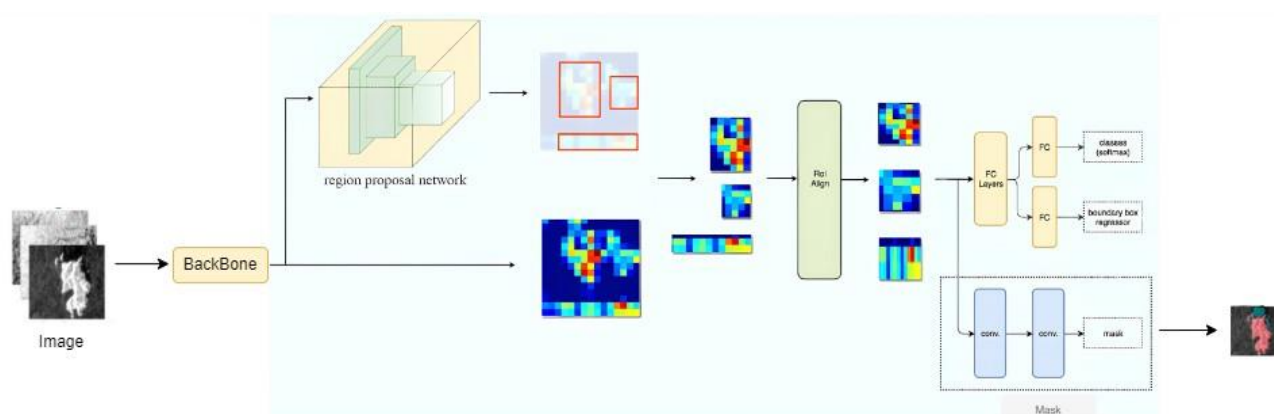
Il processo di identificazione può essere migliorato con l'uso di algoritmi di apprendimento automatico. Questi apprendono le relazioni tra le features nella fase di addestramento sui campioni etichettati come esempi positivi e, basandosi sulle informazioni raccolte, predicono la classe di appartenenza delle nuove chiazze. Alcuni algoritmi usati in questo campo sono le SVM (macchine a supporto vettoriale) e le ANN (reti neurali artificiali).

L'approccio descritto richiede che le aree di fuoriuscita da classificare siano state precedentemente individuate e processate per ottenere tutte le caratteristiche necessarie per la loro classificazione.

Strumenti alternativi per la classificazione automatica rientrano nel sottoinsieme del Deep Learning. Tra questi emergono, nell'ambito dell'analisi delle immagini, le reti neurali convoluzionali (CNN). A differenza dei metodi di apprendimento automatico tradizionali, che si basano su caratteristiche predefinite, questi apprendono direttamente dai dati, ovvero dalle immagini SAR. Il modello selezionato individuerà autonomamente l'area di interesse, estrarrà le caratteristiche rilevanti e classificherà la macchia, rendendo non più necessaria l'identificazione e l'estrazione delle relative features. Il funzionamento di questi algoritmi richiede la creazione di un dataset costituito da campioni positivi, questi consistono in immagini contenenti la chiazza da identificare e la ground truth (tipologia, posizione e perimetro della chiazza).

L'utilizzo di dati SAR provenienti da differenti sensori aventi risoluzioni spaziali molto differenti e caratteristiche differenti (es. Sentinel-1 è in banda C mentre CSK è in banda X), richiede dei dataset di training specifici per tipologia di sensore SAR in modo che ad ogni tipologia di dato si possa generare e poi utilizzare un modello di rete specifico.

Il processo descritto è incorporato nel modello di deep learning Mask R-CNN, comprendendo infatti l'estrazione delle features dalle immagini di input nel blocco indentificato come *rete backbone* (<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/backbone-network>), la generazione delle Region of Interests (ROI) selezionate dalla Region Proposal Network (RPN) basata sulle features maps di output della backbone e l'estrazione di oggetti di interesse in base all' output dell'RPN che vengono inviati al fully connected layer per la classificazione e al mask layer per l' instance segmentation (per maggiori dettagli su come è fatto questo modello vedere sezione 1.6.4).



Un vantaggio cruciale di questo modello rispetto ad altri classificatori tradizionali e modelli di segmentazione semantica è la sua capacità di segmentare singoli oggetti (le istanze) con elevata precisione, anche quando si sovrappongono ad altri oggetti, che è importante per il rilevamento delle fuoriuscite di petrolio (T. Yekeen, A. Balogun, K. B. Wan Yusof "A novel deep learning instance

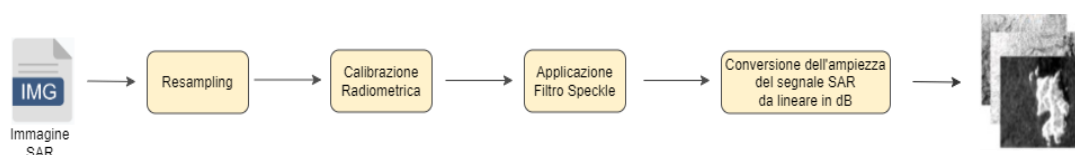
segmentation model for automated marine oil spill detection”, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2020).

Il modello YOLO vanta una rete con una struttura meno complessa, condensando il processo dell'object detection in uno schema che individua gli oggetti e le relative bounding box in un unico passaggio (Yi-Jie Yang, Suman Singha & Roberto Mayerle (2022) “A deep learning based oil spill detector using Sentinel-1 SAR imagery”, International Journal of Remote Sensing).

Sono assenti quindi le componenti aggiuntive caratterizzanti la Mask R-CNN, quali la RPN e il mask layer. Questo garantisce una rapida localizzazione degli oggetti favorendo il suo utilizzo nelle applicazioni in tempo reale, consentendo ad esempio di effettuare rapide scansioni multiple su tassellamenti dell'immagine in input. Il modello può essere utilizzato in combinazione alla Mask-RCNN con la funzione di benchmark delle performance di localizzazione delle chiazze o come step aggiuntivo nella fase di pre-processing. In quest'ultima configurazione opererebbe con il compito di individuare le aree di interesse potenzialmente interessate da sversamenti, fungendo da rete di input della Mask R-CNN, responsabile della localizzazione, classificazione e segmentazione delle chiazze in campioni più pertinenti.

La baseline dei prodotti utilizzati da questo modello sono prodotti GRD (Ground Range Detected) di livello 1 che consistono in dati SAR focalizzati, dove è stato eseguito un multi-look e proiettati a terra utilizzando un modello di ellissoide terrestre. La proiezione ellissoidale dei prodotti GRD viene corretta utilizzando l'altezza del terreno specificata nell'annotazione generale del prodotto. L'altezza del terreno utilizzata varia in azimuth ma è costante in slant.

A questi dati verranno applicate operazioni di pre-processing prima di essere date in input al modello. Queste operazioni sono le seguenti: resampling dell'immagine ad una specifica risoluzione, calibrazione radiometrica, un filtro di de-speckle per eliminare il rumore dalle immagini rimuovendo il consueto rumore sale e pepe preservando gli edge nell'immagine ed infine sarà applicata la conversione dell'ampiezza del segnale SAR da lineare in dB.



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.

Ad integrare i dati SAR è possibile usare dati telerilevati da sensori ottici. In questo caso le metodologie utilizzate sono simili: è possibile utilizzare la stessa rete Mask R-CNN a patto di addestrare la rete in maniera opportuna per effettuare la segmentazione di istanze degli sversamenti di idrocarburi richiesta. Occorre in questo caso effettuare la fase di training utilizzando dei prodotti telerilevati dei sensori ottici per generare un modello specifico per questi dati.

L'utilizzo di dati differenti se acquisiti in tempi ravvicinati può permettere di aumentare l'accuratezza dell'individuazione degli sversamenti di idrocarburi attraverso la strategia del consenso

I prodotti utilizzati in questo caso sono i Livello2 (prodotti con correzioni atmosferiche) e la parte di preprocessing si limita al Mosaicking, resampling del prodotto ad una specifica risoluzione ed eventualmente alla proiezione dell'immagine alla proiezione cartografica richiesta.

Informazioni circa la nave potenzialmente coinvolta come sorgente dello sversamento può essere estratta dai codici AIS. Per imbarcazioni non cooperanti, l'individuazione delle imbarcazioni può esser fatta attraverso l'analisi dei prodotti SAR attraverso un'analisi dei dati SAR.

Metodologie di "object detection" per l'individuazione delle imbarcazioni saranno usate. I principali passi di elaborazione sono i seguenti:

- Land-sea mask: viene generata una maschera land-sea per garantire che il rilevamento sia focalizzato solo sull'area di interesse.
- Pre-screening: gli oggetti vengono rilevati con un rilevatore Constant False Alarm Rate (CFAR).
- Discriminazione: i falsi positivi vengono rifiutati in base alla dimensione dell'oggetto.

Il rilevatore utilizzato è il rilevatore CFAR (tasso di falsi positivi costante) a due parametri. L'idea di base è quella di cercare pixel che sono insolitamente luminosi rispetto ai pixel nell'area circostante.

Si intende utilizzare a questo scopo la suite dell'ESA SNAP che sarà integrata nel sistema.

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.

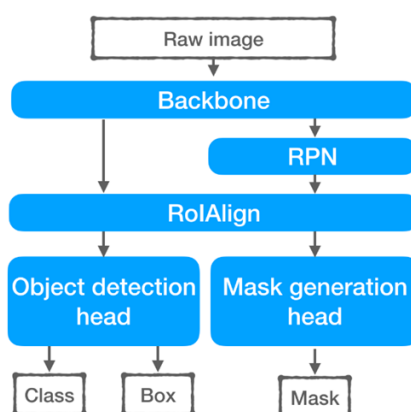
1.6.3 Tipologie di Funzioni Applicative

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.

1.6.4 Dettagli sugli Algoritmi

Nome architettura di rete neurale: Mask R-CNN

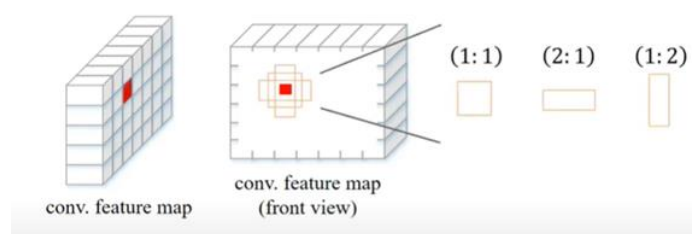
- **Descrizione:** La Mask-RCNN è un'architettura di rete neurale convoluzionale utilizzata per il task di Instance Segmentation ed è un'estensione del popolare modello Faster R-CNN, dove viene aggiunta la capacità di generare maschere pixel-per-pixel per gli oggetti rilevati, consentendo di effettuare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



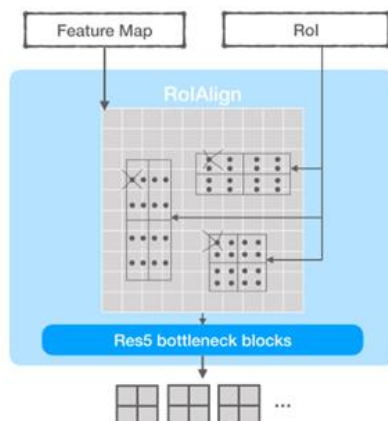
La **backbone** è la componente che si occupa dell'estrazione delle features. Questa è composta solitamente da ResNet e ResNeXt, entrambe aventi 50 o 101 layers e la cui estrazione delle features avviene a partire dall'ultimo layer convoluzionale appartenente al quarto o al quinto blocco (ad esempio, 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.

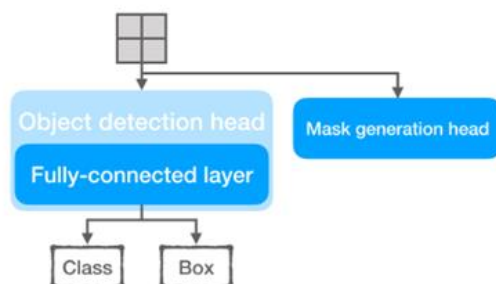
RPN è l'acronimo di Region Proposal Network, la cui funzione è la scansione della features map e la proposta di regioni che potrebbero contenere oggetti (Region of Interest o RoI).



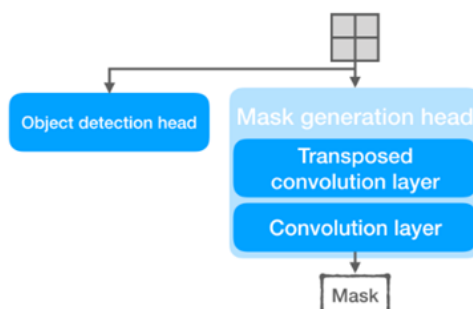
RoIAlign o Region of Interest estrae i vettori delle caratteristiche da una features map basata sul RoI proposto da RPN e li trasforma in un tensore di dimensioni fisse per ulteriori processi.



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).



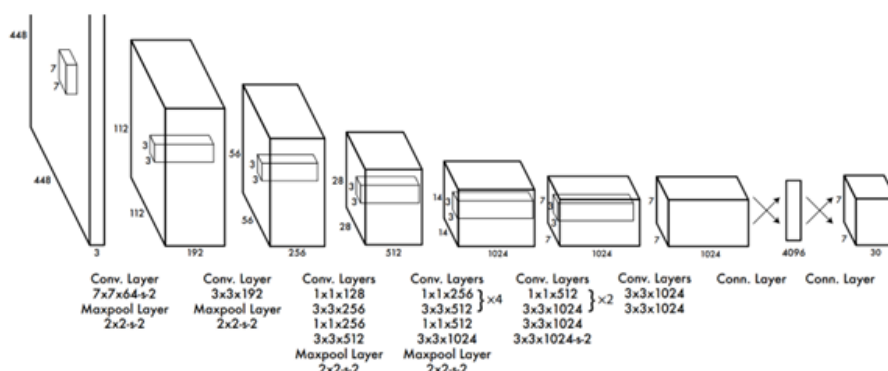
L'ultima componente è la **Mask generation branch** che serve per la realizzazione delle maschere. Per fare questo viene utilizzato uno strato convoluzionale trasposto e successivamente uno strato convoluzionale.



- **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](https://arxiv.org/abs/1703.06870) (arxiv.org)

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.

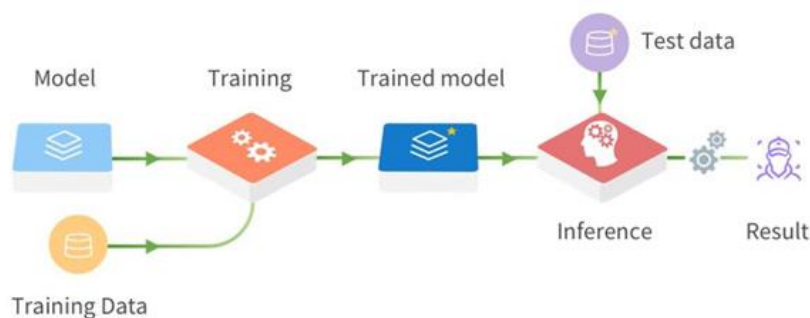


- **Input:** immagini RGB e multispettrali;
- **Output:** immagini, classificazione degli oggetti e bounding box predette;
- **Complessità computazionale:** moderata
- **Utilizzo:** Computer Vision per task di object detection;
- **Grado di Maturità:** consolidato;
- **Riferimenti:** Paper ufficiale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

- **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, de-speckling 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).

La calibrazione radiometrica dipende dallo specifico dato SAR processato.

A titolo esemplificativo, riportiamo una breve descrizione della calibrazione per i dati CSK: occorre valutare l'immagine espressa in valori radiometrici, i quali sono indipendenti dalle caratteristiche

del sensore e dipendono solo dalle caratteristiche di retrodiffusione del terreno illuminato. Gli effetti che devono essere considerati sono:

1. Range spreading loss
 2. Compensazione del guadagno dell'antenna
 3. Angolo di incidenza
- **Input:** L'input consiste nel prodotto SAR di input.
 - **Output:** Il dato SAR corretto e georeferenziato
 - **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.

1.6.8 Casistica di Utilizzo

La seguente figura illustra il workflow di elaborazione, che verrà implementato nel SIM, dell'applicativo 3.1 (Oil Spill Detection). Da interfaccia grafica sarà possibile selezionare Dati input, Algoritmi per il pre-processing e Modelli da utilizzare nell'elaborazione.

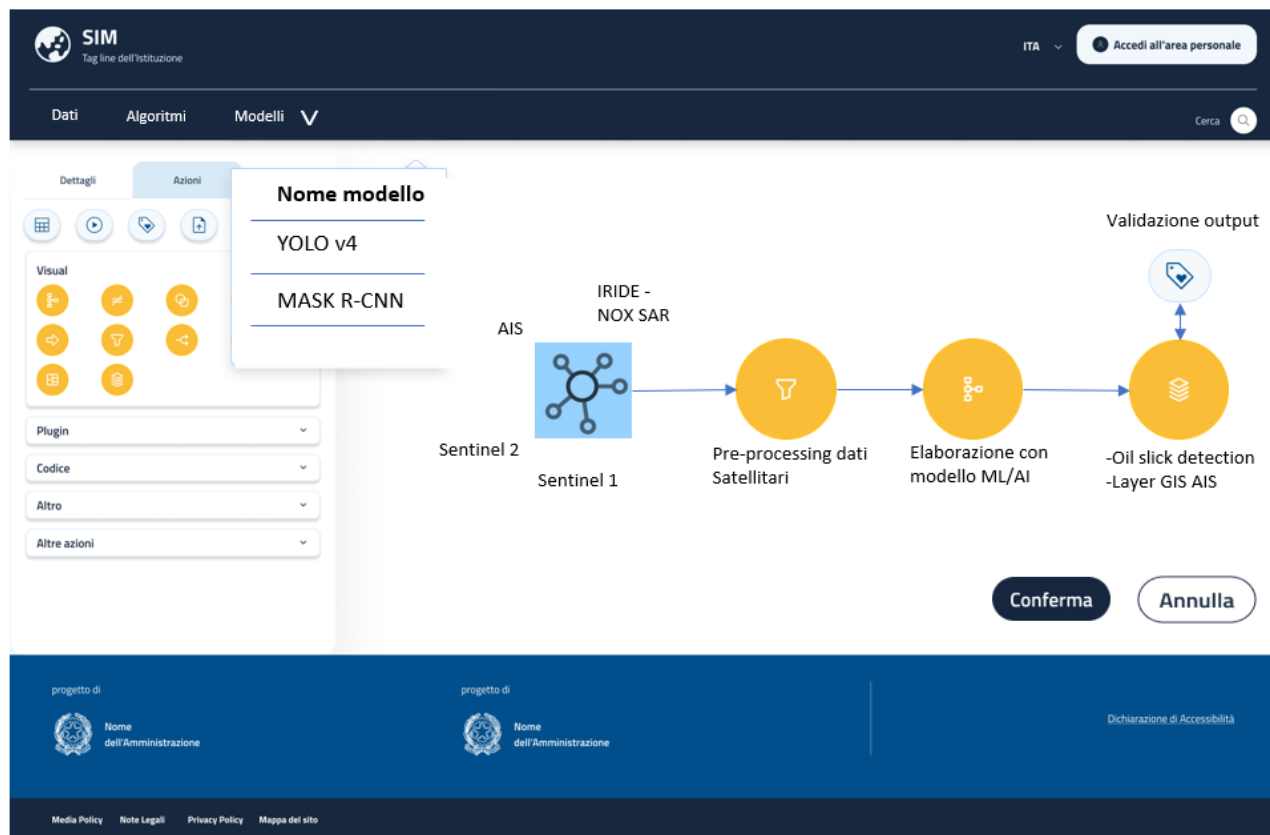
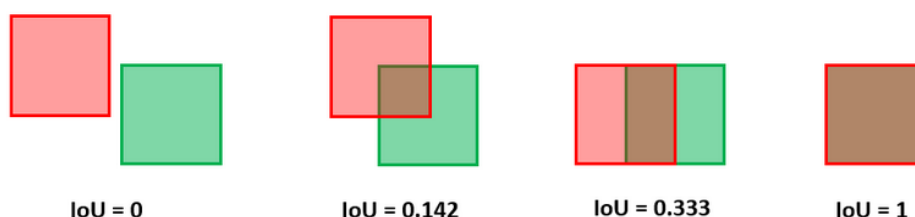


Figure 12: Workflow dell'applicativo 3.1

1.6.9 Misure di Validazione e Verifica

La validazione dei modelli 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.



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 \(pjreddie.com\)](#)

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 Notifica
 - Perimetro della/e chiazze degli sversamenti determinati dal sistema
 - Immagini SAR relative.

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

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
V3AP01_DO001	Notifica rilevamento Oil Slick	SIM	Interfaccia Operativa	Near Real Time	Unclassified data	N/A
V3AP01_DO002	Evento di Oil Slick	SIM	Interfaccia Operativa	Near Real Time	Unclassified data	N/A

Dettagli sui Dati di Output

- **Notifica rilevamento Oil Slick.**

Le notifiche di rilevamento di eventi di Oil Slick sono dati generati dall'applicativo e di proprietà del servizio SIM. I messaggi di notifica contengono tutte le informazioni utili relative all'evento di Oil Slick come descritto nei "Requisiti Funzionali"

- **Evento di Oil Slick.**

Gli eventi di Oil Slick sono dati generati dall'applicativo e sono di proprietà del servizio SIM. L'evento viene visualizzato su interfaccia operativa così come descritto nel Requisito Funzionale CU.V3.1-011.

Modalità di Accesso

- **Notifica rilevamento Oil Slick.**

La modalità di accesso di tali notifiche è online. La piattaforma permetterà all'utente di visualizzare sia le notifiche di rilevamento di eventi di Oil Slick correnti che lo storico di tali notifiche.

- **Evento di Oil Slick.**

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

Frequenza di Aggiornamento

- **Notifica rilevamento Oil Slick.**

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

- **Evento di Oil Slick.**

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

Soluzioni di Accesso

- **Notifica di rilevamento Oil Slick.**

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

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

- Informazioni, in termini di posizione, dimensioni e codice MMSI (in caso di data-fusion con le tracce AIS disponibili) e relative all'imbarcazione potenzialmente all'origine dello sversamento

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

Infine, il sistema invierà una notifica via e-mail all'operatore addetto al monitoraggio contenente le informazioni sopra elencate.

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

- **Evento di Oil Slick.**

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

- 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.
- Informazioni, in termini di posizione, dimensioni e codice MMSI (in caso di data-fusion con le tracce AIS disponibili) e relative all'imbarcazione potenzialmente all'origine dello sversamento

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

I risultati delle detection dovranno essere disponibili tramite servizi web e API anche attraverso servizi WMS OGC compliant.